
APLIKASI FILTER KERAMIK BERBASIS TANAH LIAT ALAM DAN ZEOLIT PADA PENGOLAHAN AIR LIMBAH HASIL PROSES LAUNDRY

Subriyer Nasir¹⁾, Teguh Budi.SA²⁾ dan Idha Silviaty³⁾

¹⁾ Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya. Jl. Raya Palembang-Prabumulih Km 32
Ogan Ilir Telp 0711 580303 Fax 0711 580303.

²⁾ Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya. Jl. Raya Palembang-Prabumulih Km 32
Ogan Ilir.

³⁾ Jurusan Teknik Kimia Politeknik Universitas Sriwijaya. Jl. Srijaya Negara Bukit Besar Palembang.
E -mail : subriyer@unsri.ac.id; teguhbudi22@yahoo.com; idhasanjaya@yahoo.com

Abstract

Ceramic filters made of natural clay and zeolite were used to treat the effluent from laundry industry in Palembang. The pretreatment process using silica and active carbon was applied to the samples prior feed to the ceramic filter. Process variables studied were operating time and the filters composition. Parameters analyzed were TDS (Total Dissolved Solid), pH, EC (Electrical Conductivity), COD (Chemical Oxygen Demand), BOD (Biological Oxygen Demand) and the concentration of LAS (Linear Alkylbenzene Sulphonate). The results showed that ceramic filters combined with silica and activated carbon can reduce the LAS concentration in detergent wastewater up-to 97%. Scanning Electron Microscope (SEM) images shows that filter could be categorized as microfiltration filter with random porous structures.

Keywords: ceramic filter, microfiltration, laundry, wastewater, natural clay, zeolite

1. Pendahuluan

Air buangan sisa deterjen/laundry dapat menimbulkan permasalahan serius karena produk deterjen dan bahan-bahan ingredientnya dapat berakibat toxic bagi kehidupan dalam air. Air buangan sisa deterjen yang dihasilkan dalam volume besar sangat berbahaya untuk kelestarian sungai dan tanah. Karena sifatnya yang kompleks, air limbah deterjen/laundry sangat sukar untuk diolah. Kebutuhan air untuk industri laundry rata-rata 15 L untuk memroses 1 kg pakaian dan menghasilkan sekitar 400 m³ limbah cair per hari (Ciabatti 2009). Pengolahan limbah cair hasil industri laundry sering menghadapi berbagai kesulitan diantaranya tingginya konsentrasi surfaktan, kadar zat organik dan anorganik yang terkandung dalam air buangan.

Metoda yang umum diterapkan untuk mereduksi surfaktan mencakup proses-proses kimia dan oksidasi elektrokimia, teknologi membran, presipitasi secara kimia, degradasi fotokatalitik,

adsorpsi dll. Kebanyakan sistem yang digunakan pada proses pengolahan air limbah industri laundry merupakan metoda konvensional seperti koagulasi dan flokulasi, sedimentasi dan filtrasi atau kombinasi dari proses-proses tersebut.

Koagulasi dan flokulasi biasanya dilakukan untuk memperbesar partikel teraglomerasi sehingga mudah diendapkan. Adsorpsi menggunakan karbon aktif granular setelah proses flokulasi dapat meningkatkan proses pengolahan karena luas permukaan karbon aktif yang besar dapat menyerap komponen-komponen yang ada dalam air limbah.

Salah satu senyawa kimia yang berbahaya di dalam badan air atau tanah adalah Linear Alkylbenzene Sulphonate (LAS) yang bersifat *aquatic toxicity*. LAS merupakan senyawa surfaktan anionik pengganti Alkyl Benzene Sulphonate yang banyak digunakan dalam deterjen karena relatif mudah terurai di dalam air (Smulders, 2002).

Membran keramik kebanyakan dibuat dalam dua bentuk geometri utama yaitu tubular dan flat. Kelebihan membran keramik terletak pada stabilitas termalnya yang baik, memiliki ketahanan terhadap senyawa kimia dan degradasi biologis ataupun mikroba, dan relatif mudah untuk dibersihkan dengan cleaning agent. Saat ini implementasi membran keramik juga banyak dijumpai pada industri kimia (untuk pemisahan produk dan pembersihan), industri logam (daur ulang dan pembuangan zat zat penghilang minyak dan lemak, recovery logam berat), industri tekstil (penghilangan zat warna), makanan dan minuman (penjernihan jus dan bir, sterilisasi susu dan whey) (Nowak 2010),

Masalah utama yang dihadapi pada aplikasi praktis dari pemisahan dengan membran termasuk membran keramik adalah adanya akumulasi komponen umpan pada pori dan permukaan membran yang dikenal sebagai *fouling* dan dapat menurunkan fluks permeat yang dihasilkan.

Umumnya, proses fabrikasi membran keramik berpori terdiri atas tiga tahapan yaitu 1) pembentukan suspensi partikel, 2) pembuatan suspensi partikel menjadi prekursor membran dengan bentuk tertentu seperti *flat-sheet*, *monolith* atau *tubular* dan 3) konsolidasi membran keramik dengan perlakuan panas pada suhu tinggi (Li 2007).

Akhir-akhir ini membran keramik berbasis zeolit banyak memperoleh perhatian para peneliti karena struktur porinya yang uniform, stabil terhadap panas, kekuatan mekanis yang baik serta tahan terhadap lingkungan kimia yang ekstrim. Zeolit alam merupakan mineral yang tersedimentasi di alam yang merupakan persenyawaan aluminosilicates yang membentuk kerangka struktur tiga dimensi antara AlO_4 dan SiO_4 tetrahedral. Zeolit alam merupakan bahan yang cocok dalam fabrikasi membran keramik karena sifatnya yang tidak mudah mengembang dalam air dan mudah membentuk suspensi untuk melapisi membran sebagai support (Dong et.al 2006). Zeolit alam mempunyai karakteristik yang berbeda dengan membran konvensional yang dibuat dari senyawa-senyawa yang umum digunakan seperti Al_2O_3 atau ZrO_2 dll karena zeolit alam akan membentuk pori-pori aktif antar partikel (inter-particle active pores) ketika disintering dalam keadaan kering.

Membran berbasis zeolit dapat dimanfaatkan juga untuk minimisasi limbah dan recovery pelarut pemisahan pada suhu tinggi terutama untuk komponen dengan titik didih yang berdekatan,

senyawa-senyawa yang bersifat azeotrop dan isomer. (Chau et al 2000), pemisahan gas dari hidrokarbon, dehidrasi pelarut, katalis untuk konversi kimia, remediasi polutan dan untuk produksi air bersih (Cui et al 2008). Struktur pori zeolit yang berbeda-beda membuat zeolit banyak digunakan untuk pemisahan berbagai molekul kecil (Shan et al 2004).

Salah satu metode yang banyak digunakan dalam pretreatment dari industri binatu adalah teknik koagulasi dan flokulasi yang diikuti dengan flotasi menggunakan udara (Dissolved Air Flotation) (Ciabatti et al 2009). Teknik koagulasi adalah pengolahan yang telah lama dikenal yaitu dengan cara menambahkan senyawa kimia seperti garam-garam Al^{3+} dan Fe^{3+} atau senyawa polimer organik.

Filter keramik yang dirancang pada penelitian ini adalah jenis Mikrofiltrasi/Ultrafiltrasi dan dibuat dari tanah liat dan zeolit dengan pertimbangan bahwa kedua material ini banyak terdapat di Indonesia sehingga kemungkinan aplikasi komersialnya akan lebih luas.

Secara umum penelitian ini bertujuan untuk mencari alternatif pengolahan air limbah laundry/deterjen selain koagulasi-flokulasi-sedimentasi yaitu dengan sistem filtrasi menggunakan filter keramik. Sistem ini diharapkan dapat menurunkan kadar polutan dalam air limbah laundry atau deterjen sampai kadar baku mutu lingkungan dan mengurangi jumlah sludge yang dihasilkan. Secara khusus hal-hal yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah: a)meneliti karakteristik filter yang dirancang dalam operasi pengolahan air limbah hasil proses laundry, dan b) meneliti kualitas air (permeat) yang dihasilkan dari proses pengolahan air limbah menggunakan sistem filtrasi dengan filter keramik yang dibuat dari tanah liat, zeolit, dan serbuk besi pada komposisi tertentu.

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah didapatkan inovasi baru dalam sistem proses pengolahan limbah cair dengan menggunakan filter keramik yang terbuat dari tanah liat (clay), zeolit dan serbuk besi.

Membran keramik telah dimanfaatkan dalam pengolahan air pencucian dari saringan pasir lambat (Weiyang et al 2010). Aygun & Yilmaz (2010) mempelajari proses koagulasi-flokulasi untuk mengolah limbah deterjen menggunakan Feri Chlorida dan polielektrolit serta mineral clay. Penggunaan membran keramik berbasis tanah liat dan dedak padi dapat menurunkan kadar ion besi dalam air permukaan sampai 95% sedangkan untuk

ion arsen sangat tergantung pada ratio Fe/As dalam air permukaan (Shafiquzzaman et al, 2011).

Penelitian yang pernah dilakukan dengan menggunakan filter keramik (Nasir et-al 2010) memperlihatkan bahwa filter keramik yang dibuat dengan perbandingan tertentu dari tanah liat dan abu batu bara dan dikombinasikan dengan pretreatment awal menggunakan silika, zeolit dan karbon aktif ternyata cukup efektif dalam menurunkan TDS, logam berat dan juga amonia dari limbah cair sekunder pada industri pupuk urea. Salah satu kelemahan yang dijumpai adalah sifat membran yang rapuh dan mudah patah (brittle). Untuk memperkuat struktur keramik yang dibuat, Nasir et al (2011) menggunakan serbuk besi.

2. Metodologi

Penelitian ini merupakan penelitian skala laboratorium yang dilaksanakan di Laboratorium Teknik Pemisahan Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya. Perancangan filter keramik yang dilakukan meliputi variasi komposisi bahan campuran dan jumlah aditif dalam pembuatan filter dilanjutkan dengan aplikasinya dalam pengolahan limbah cair meliputi analisis terhadap fluks permeat, kemampuan reduksi filter terhadap TDS, EC, COD, BOD dan kadar Linear Alkylbenzene Sulphonate (LAS).

Alat dan bahan yang digunakan adalah filter keramik, rumah (cartridge) filter, flowmeter, pressure gauge, dan pompa. Untuk pengukuran hasil digunakan gelas ukur, gelas Erlenmeyer, pHmeter, Atomic Absorption Spectrometer, Turbidimeter, Oven, dan Neraca Elektrik. Zat kimia yang digunakan adalah larutan H_2SO_4 - $AgSO_4$, $K_2Cr_2O_7$ - $HgSO_4$. Limbah cair awal berupa air limbah hasil proses laundry yang digunakan dalam eksperimen dianalisis sesuai dengan standard air buangan. Berbagai pemeriksaan yang dilakukan meliputi pH, TDS, EC dan kadar LAS. Variabel proses yang diteliti adalah tekanan operasi pompa dan laju alir umpan. Sebagai tambahan, pada akhir eksperimen dilakukan pemeriksaan Scanning Electron Microscope (SEM) terhadap struktur membran.

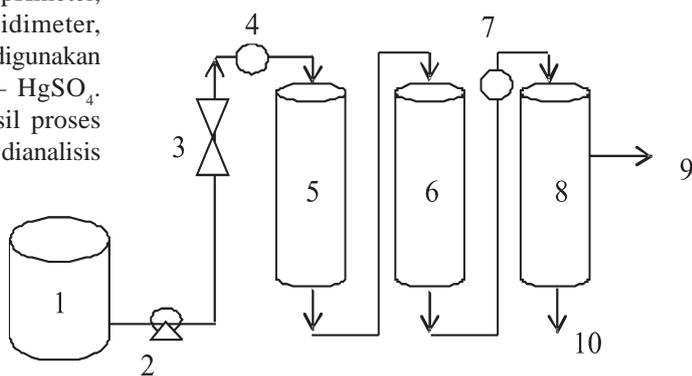
Filter keramik dirancang berbentuk tube dan dibuat dari campuran tanah liat, zeolit, dan aditive berupa serbuk besi

dengan komposisi : filter 1 (72,5% tanah liat : 25 % zeolit : 2,5% serbuk besi), filter 2 (67,5% tanah liat: 30% zeolit: 2,5% serbuk besi), filter 3 (77,5% tanah liat: 20 % zeolit: 2.5 % serbuk besi, filter 4 (69% tanah liat : 30% zeolit : 1% serbuk besi), filter 5 (74% tanah liat : 25% zeolit : 1% serbuk besi) dan filter 6 (70% tanah liat : 25% zeolit : 5% serbuk besi). Ukuran partikel zeolit dan serbuk besi yang digunakan masing masing adalah 250 μm dan 500 μm .

Campuran tanah liat, zeolit dan serbuk besi diaduk dan dihomogenkan dengan penambahan 30% air bersih lalu dicetak dengan cetakan terbuat dari gipsum, dikeringkan pada suhu kamar selama lebih kurang 7 hari. Campuran disintering/dipanaskan pada suhu sekitar 900 $^{\circ}C$ selama 12 jam.

Dimensi filter adalah sebagai berikut: diameter dalam = 4 cm, diameter luar = 5 cm, ketebalan = 1 cm, panjang = 25 cm. Housing filter terbuat dari polietilen dengan dimensi sebagai berikut : diameter luar = 9 cm, diameter dalam = 8,5 cm, tinggi = 30 cm.

Untuk menampung sampel digunakan tangki polietilen dengan kapasitas 250 L. Untuk mengalirkan air limbah menuju filter silika dan filter karbon aktif digunakan pompa sentrifugal. Pengukuran tekanan dilakukan dengan memasang pressure gauge sebelum air limbah masuk ke filter silika dan sebelum masuk filter keramik. Permeat ditampung dengan menggunakan gelas Erlenmeyer setelah waktu operasi berturut-turut selama 15, 30, 45 dan 60 menit. Skema rangkaian peralatan tertera pada Gambar 1.



Gambar 1. Skema peralatan. (1. Tangki air limbah, 2. Pompa 3. Pressure Gauge 4. Flowmeter Umpan 5. Filter silika 6. Karbon Aktif, 7. Pressure Gauge 8. Filter Keramik, 9. Permeat, dan 10. Konsentrat)

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Hasil Analisis terhadap sampel awal

Hasil analisis terhadap sampel awal ditampilkan pada Tabel 1. Terlihat bahwa kandungan COD dan BOD air umpam (aliran balik dari air hasil filtrasi (penyaringan)) tidak memenuhi persyaratan dalam Peraturan Gubernur Sumatera Selatan No 18 tahun 2005. Kadar deterjen (walaupun tidak dipersyaratkan dalam Peraturan Gubernur Sumsel No 18 tahun 2005) sebesar 20,6 mg/L memperlihatkan nilai yang cukup tinggi bila dibandingkan dengan hasil penelitian Ciabatti et al (2009) yang menggunakan air umpam yang mengandung total surfaktan sebesar 8,78 mg/L atau hasil penelitian Turk et al (2005) yang menggunakan sampel dengan kadar total ionic surfactant sebesar 10,1 mg/L.

Tabel 1. Hasil Analisis terhadap Sampel awal

Parameter	Satuan	Nilai
Total Dissolve Solid (TDS)	mg/L	960
Total Suspended Solid (TSS)	mg/L	79,6
pH	-	7,77
COD	mg/L	1365
BOD	mg/L	418
Daya Hantar Listrik	$\mu\text{S/cm}$	1917
Surfaktan	mg/L	20,6

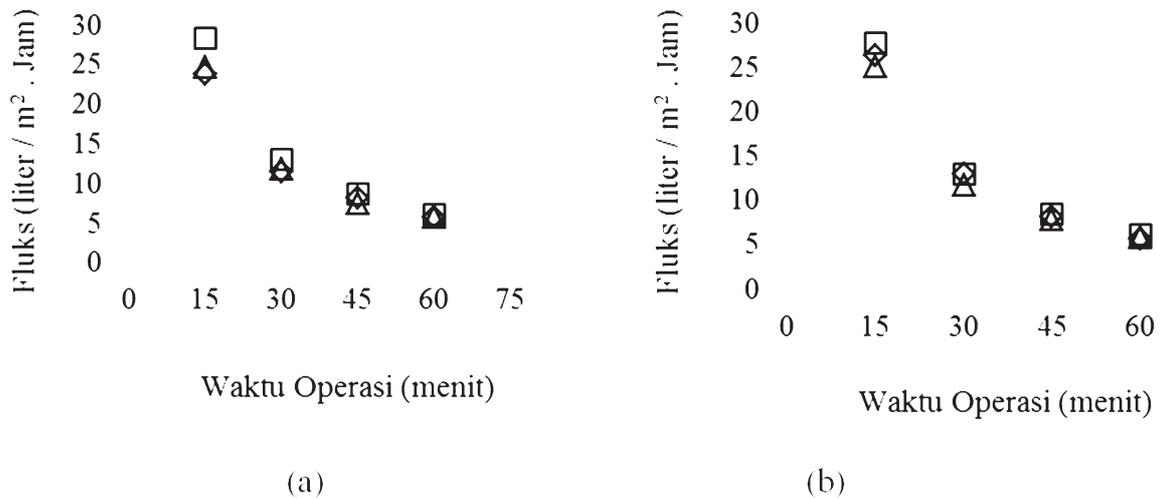
3.2. Penurunan fluks permeat pada berbagai waktu operasi

Penurunan fluks permeat dapat terjadi karena adanya adsorpsi beberapa ion logam atau sisa deterjen yang mengandung surfaktan baik anionik maupun kationik oleh partikel zeolit yang terdapat dalam filter keramik. Sebagaimana diketahui bahwa kebanyakan deterjen yang digunakan di Indonesia berbasis LAS (Linear Alkylbenzene Sulphonate) yang merupakan surfaktan anionik. LAS adalah surfaktan ionik yang mengandung gugus ion Na^+ pada struktur molekulnya. Sisa-sisa surfaktan akan berinteraksi secara hidrofobik dan elektrostatik dengan zeolit yang terdapat dalam filter keramik yang digunakan.

Penurunan fluks permeat dapat terjadi karena perbedaan tekanan (ΔP) dan waktu operasi yang digunakan. Dalam penelitian ini terlihat bahwa ΔP sebesar 19,3 psi memberikan fluks permeat yang relatif baik untuk filter keramik yang mempunyai komposisi 77,5% tanah liat, 25% zeolit dan 2,5% serbuk besi. Penurunan fluks permeat yang sama diperoleh dengan filter keramik yang dibuat dengan berbagai komposisi waktu operasi sekitar 60 menit.



Gambar 2. Fluks pada berbagai variasi waktu operasi untuk filter dengan komposisi : (a) tanah liat 67,5%, zeolit 30% dan serbuk besi 2,5 % dan b) komposisi tanah liat 70%, zeolit 25% dan serbuk besi 5 % , Δ : $\Delta P = 15,3$ psi, \square : $\Delta P = 19,3$ psi, \diamond : $\Delta P = 23,3$ psi)

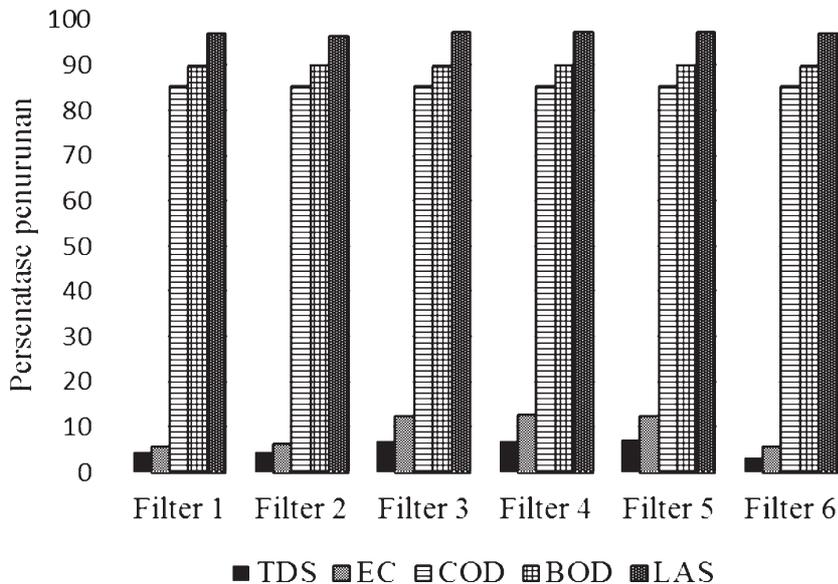


Gambar 3. Fluks pada berbagai variasi waktu operasi untuk filter dengan komposisi : a) tanah liat 72,5%, zeolit 25% dan serbuk besi 2,5 %; b) tanah liat 77,5%, zeolit 20% dan serbuk besi 2,5 % , Δ: ΔP= 15,3 psi, □: ΔP = 19,3 psi, ◇: ΔP=23,3 psi)

Gambar 2 dan 3 memperlihatkan bahwa beda tekanan pada filter juga berpengaruh terhadap laju permeat yang dihasilkan. Seperti yang telah diduga sebelumnya, peningkatan tekanan akan menaikkan laju produksi permeat. Akan tetapi hal ini juga akan mempercepat terjadinya fouling pada permukaan filter. Selain itu penurunan fluks dapat terjadi karena adanya peristiwa adsorpsi di permukaan zeolit yang

terkandung dalam filter. Sehingga proses yang terjadi merupakan kombinasi antara proses filtrasi dan adsorpsi fisik oleh zeolit.

Hasil analisis terhadap permeat yang diproduksi masing-masing filter dengan berbagai variasi komposisi tanah liat, zeolit dan serbuk besi dapat dilihat pada Gambar 4. Terlihat bahwa kombinasi proses pengolahan air limbah laundry

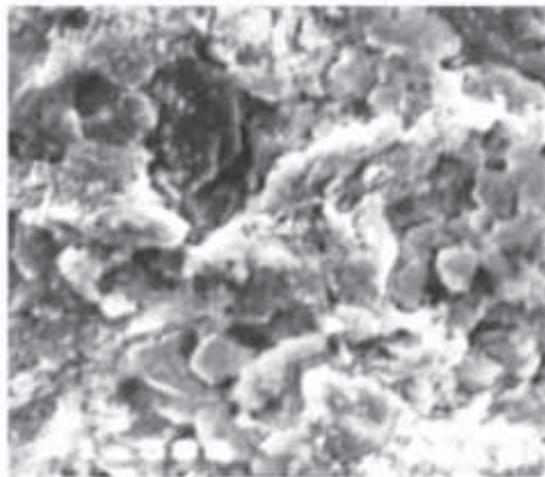


Gambar 4. Persentase penurunan parameter air limbah laundry

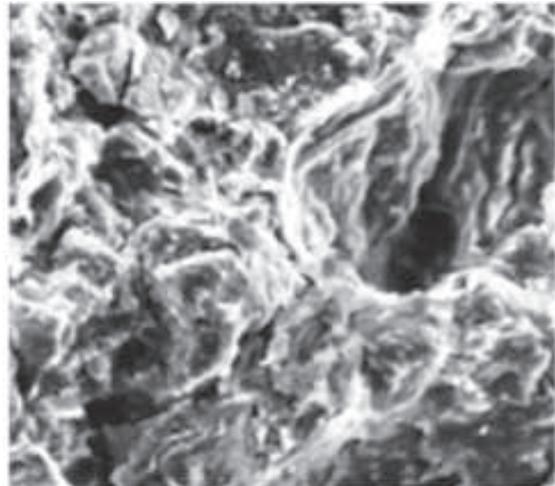
dengan menggunakan pasir silika, karbon aktif, dan filter keramik pada berbagai komposisi ternyata cukup efektif untuk menurunkan COD, BOD dan LAS. Namun demikian, filter keramik dengan komposisi yang cukup baik digunakan adalah tanah liat 77,5%, zeolit 20% dan serbuk besi 2,5%. Hal ini terlihat dari kemampuan filter dimaksud dalam menghasilkan laju permeat, dan kemampuan penurunan TDS, COD, BOD dan LAS yang cukup tinggi.

3. Hasil Scanning Electron Microscopy (SEM)

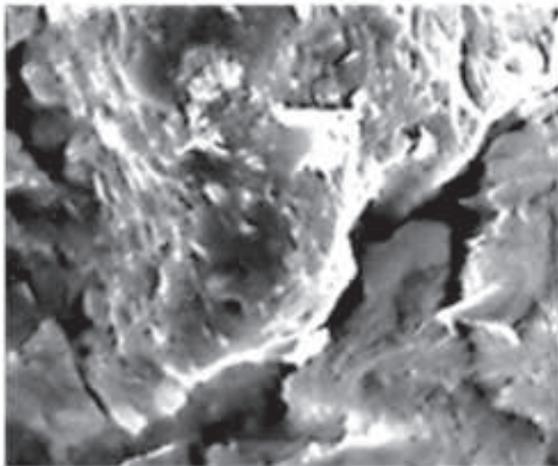
Citra SEM dari masing masing filter pada berbagai variasi perbesaran memperlihatkan bahwa struktur pori filter adalah bersifat random dengan ukuran pori berkisar 1 s.d 10 μm . Hal ini hampir sama dengan hasil yang diperoleh oleh Dong et.al (2006) yang menggunakan zeolit alam sebagai bahan membran tanpa menggunakan campuran tanah liat yaitu sekitar 6 μm . Filter keramik yang dihasilkan dapat digolongkan pada jenis membran mikrofiltrasi.



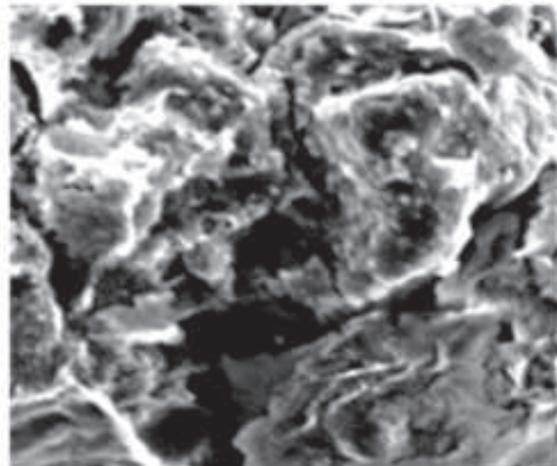
(a)



(b)



(c)



(d)

Gambar 5. Citra Scanning Eelectron Microscope (SEM) untuk filter keramik dengan komposisi tanah liat : zeolit : serbuk besi a) 72,5% : 25% ; 2,5% b) 67,5% : 30% : 2,5% c) 77,5% : 20% : 2,5% d) 69% : 30% : 1%) pada berbagai perbesaran.

4. Simpulan dan Saran

Filter keramik yang dibuat dari campuran 77,5 % tanah liat, 20% zeolit dan 2,5% serbuk besi dapat menurunkan kadar TDS, COD, BOD dan LAS yang terdapat dalam air buangan proses laundry dengan fluks permeat yang tertinggi.

Peningkatan jumlah zeolit dalam komposisi filter keramik dapat mengakibatkan meningkatnya daya adsorpsi filter sehingga kemungkinan akan terjadi fouling semakin cepat. Kenaikan tekanan operasi dapat meningkatkan fluks permeat tetapi memperbesar kemungkinan terjadinya fouling pada

permukaan filter.

Analisis Scanning Electron Microscope memperlihatkan bahwa filter keramik yang dihasilkan tergolong pada kelompok membran mikrofiltrasi dengan struktur dan ukuran pori yang random. Sintering filter berbasis tanah liat dan zeolit sebaiknya dilakukan pada suhu antara 850 s.d 950°C. Suhu sintering yang terlampau tinggi akan menyebabkan ikatan antar partikel menjadi semakin kuat dan menurunkan sifat porous dari filter. Perlu dilakukan analisis terhadap distribusi ukuran pori pada filter keramik yang dihasilkan.

Daftar Pustaka

- Aygun, A. dan T. Yilmaz. 2010. Improvement of Coagulation-Flocculation Process for Treatment of Detergent Wastewaters Using Coagulant Aids. *International Journal of Chemical and Environmental Engineering*, 1, 2, 97-101
- Ciabatti, I, F. Cesaro, L.Faralli, E.Fatrella, dan F.Togotti. 2009. Demonstration of a treatment system for purification and reuse of laundry wastewater, *Desalination*, 245, 451-459
- Cui, J., Z. Zhang, H. Liu, S. Liu, dan K.L.Yeung. 2008. Preparation and application of zeolite/ceramic microfiltration membranes for treatment of oil contaminated water, *Journal of Membrane Science*, 325, 420-426
- Dong, Y., S. Chena, X. Zhang, J. Yang, dan X. Liu. 2006. Fabrication and characterization of low cost tubular mineral-based ceramic membranes for micro-filtration from natural zeolite. *Journal of Membrane Science*, 281, 592-599
- Kazemimoghadam, M. 2010. New nanopore zeolite membranes for water treatment. *Desalination*, 251, 176-180
- Nasir, S, D. Anggraeni, R. Agustina. 2010. Pembuatan Filter Mikrofiltrasi dari Clay dan Fly Ash dalam Pengolahan Limbah Cair. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia*, Unpar, Bandung
- Nasir, S dan Teguh Budi SA. 2011, *Pengolahan Air Limbah Hasil Proses Laundry Menggunakan Filter Keramik Berbahan Tanah Liat Alam dan Zeolit*, Laporan Hibah Kompetitif 2011, Universitas Sriwijaya, Indralaya (tidak dipublikasikan)
- Nowak, K M. 2010. Application of ceramic membranes for the separation of dye articles. *Desalination*, 254, 185-191
- Qiu, L.S. Zhang, G.Wang, M. Du. 2008. Performances and nitrification properties of biological aerated filters with zeolite. ceramic particle and carbonate media, *Journal of Membrane Science*, 325, 420-426
- Shafiqzaman, Md., M.S. Azam, J. Nakajima, Q.H. Bari. 2011. Investigation of arsenic removal performance by a simple iron removal ceramic filter in rural households of Bangladesh. *Desalination*, 265, 60-66
- Shan, W, Y. Zhang, W. Yang, C. Ke, Z. Gao, Y. Ye, Y. Tang. 2004. Electrophoretic deposition of nanosized zeolites in non-aqueous medium and its application in fabricating thin zeolite membranes. *Microporous and Mesoporous Material*, 69, 35-42
- Smulders, E. 2002. *Laundry Detergents*. Wiley -VCH Verlag GmbH, Weinheim, Germany
- Turk, S. S, I. Petrinic, M.Simonic. 2005. Laundry wastewater treatment using coagulation and membrane filtration, *Resources, Conservation & Recycling*, 44, 185-196
- Weiyang, L, A. Yuasa, D. Bingzi, D. Huiping, G. Naiyun. 2010. Study on backwash wastewater from rapid sand-filter by monolith ceramic membrane. *Desalination*, 250, 712-715