



JRT P P I 8 (1) (2017)

**Jurnal Riset
Teknologi Pencegahan Pencemaran Industri**

Journal homepage : ejournal.kemenperin.go.id/jrtppi

**Kementerian
Perindustrian**
REPUBLIK INDONESIA

Pengolahan air permukaan di Banyuasin menggunakan membran keramik berbahan batubara dan *nano clay*

Surface water treatment in Banyuasin using ceramic membranes utilized mineral coal fly ash and nano clay

Tri Susanto*, Chasri Nurhayati

Balai Riset dan Standarisasi Industri Palembang, Jl. Perindustrian II KM. 9 No. 12, Sukarni, Palembang 30961, Indonesia

INFO ARTIKEL

Sejarah Artikel :

Diterima 06 Desember 2016

Direvisi 01 Februari 2017

Disetujui 22 Februari 2017

Dipublikasikan online 29 Mei 2017

Keywords :

Coal fly ash

Nano clay

Fe and Mn

Ceramic membranes

Banyuasin

ABSTRAK

Pemenuhan air bersih di sekitar kawasan industri, tambang dan perkebunan di daerah berbasis rawa seperti Banyuasin, Sumatera Selatan merupakan permasalahan yang serius. Saat ini diperlukan teknik purifikasi air dengan kandungan logam tinggi dan asam menjadi air bersih dengan memanfaatkan teknologi membran. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui komposisi optimum penggunaan *fly ash* (FA) dan *nano clay* (NC) batu bara serta pengaruh suhu pembakaran terhadap karakteristik kinerja membran keramik tubular pada unit pengolahan air di wilayah Banyuasin. Untuk kerja membrane keramik dinyatakan dalam penurunan kadar Fe, Mn dan kesadahan (CaCO_3). Komposisi FA: NC divariasikan 2:3, 1:1, 3:2, 7:3 (berat), sedangkan suhu pembakaran divariasikan 700; 800 dan 900°C. Hasil penelitian menunjukkan bahwa komposisi FA:NC 1:1 dengan suhu pembakaran 800 °C mampu menurunkan kadar Fe sekitar 90-93%, kadar Mn 62-71% dan kadar CaCO_3 75-82%. Berdasarkan fotografer XRD dan SEM, tingkat permeabilitas, kekuatan retak dan efisiensi, maka membran keramik dengan komposisi tersebut direkomendasikan untuk digunakan pada unit pengolahan air di Banyuasin.

ABSTRACT

Clean water supply in the industrial areas, mining and plantations in areas, e.g. swamps based region such as Banyuasin, South Sumatra, is a serious problem. Currently, the necessity of water treatment techniques to purify highly metal content and acidic water into clean water could be achieved by using membrane technology. The research is aimed to study the optimum composition of fly ash (FA): nano clay (NC) and the combustion temperature to produce qualified ceramic tubular membrane, which is used as a part of water treatment plants in Banyuasin. The performance of membrane ceramics is determined by the separation levels of Fe, Mn and hardness (CaCO_3). Composition of FA: NC was varied 2: 3, 1: 1, 3: 2, 7: 3 (by weight), while the combustion temperature was varied 700; 800 and 900 °C. The results showed that the composition of the FA: NC 1: 1 with a combustion temperature of 800 °C could reduce the content of Fe level around 90-93% , Mn level 62-71% and hardness level 75-82%. Based on XRD and SEM photographs, permeability level, fracture toughness, and its efficiency, the ceramic membrane with that composition is recommended to be used in water treatment unit in Banyuasin.

© 2017 BBT P P I. All rights reserved.

*Alamat korepondensi :

E-mail : 3trisusanto87@gmail.com (T. Susanto)

1. PENDAHULUAN

Kebutuhan air bersih di Indonesia merupakan masalah mendesak dikawasan padat industri, perkebunan, hutan, rawa dan pertambangan, sebagai contoh wilayah Sumatera yang mempunyai luas rawa sekitar 10 juta ha (Djaenudin, 2008; Tjahjono, 2006). Penelitian ini mengangkat kasus di Banyuasin, Sumatera Selatan dikarenakan wilayah ini berbasis lahan rawa dan gambut dengan aktivitas perkebunan dan pertambangan yang cukup tinggi. Sifat air permukaan di wilayah tersebut mempunyai tingkat keasaman yang tinggi, berwarna cokelat tua, kadar Mangan dan Besi yang tinggi, sehingga air tersebut tidak layak untuk air kebutuhan industri maupun rumah tangga (Nasir dkk., 2014).

Untuk mengatasi permasalahan tersebut, berbagai teknologi pengolahan air secara kimiawi, fisika maupun biologis telah dilakukan untuk meningkatkan kualitas air dengan menurunkan cemaran logam, mikroba, organik maupun anorganik. Alternatif pengolahan secara kimiawi banyak digunakan karena biaya proses yang relatif murah, tetapi efektivitas dan selektivitasnya rendah dan juga menghasilkan produk sisa samping (Gupta dkk., 2012).

Teknologi *reverse osmosis* mempunyai selektivitas dan efisiensi yang tinggi akan tetapi dibutuhkan biaya operasional yang cukup tinggi (Said, 2008). Saat ini, teknologi membran berbahan polimer (etil selulosa, polivinil alcohol, selulosa asetat) dikembangkan untuk ultra filtrasi air (Agmalini dkk., 2013; Noor, 2001; Notodarmojo dan Deniva, 2004; Said, 2008) juga memiliki kendala yang sama. Mengingat sifat fisik yang lemah, ketersediaan yang rendah dan harga yang cukup tinggi membran polimer hanya digunakan untuk keperluan khusus. Membran keramik dikembangkan sebagai alternative pengolahan air yang lebih mudah, proses kontinyu, konsumsi energi yang rendah dan biaya operasional yang rendah. Keunggulan membran keramik yaitu stabilitas kimia, kekuatan mekanik dan ketahanan yang tinggi terhadap panas, asam dan basa (Khemakhem dkk., 2006). Membran keramik diaplikasikan untuk proses filtrasi, desalinasi maupun purifikasi baik air limbah, air asam tambang, air gambut, air tanah

permukaan, dimana karakteristik (porositas, densitas, luas permukaan gugus aktif), kemampuan (selektivitas dan efektivitas) dan unjuk kerjanya bergantung pada jenis material, komposisi, kondisi pembuatan maupun kondisi operasi (tekanan, gradien konsentrasi, pH larutan *inlet*, dan suhu operasi) (Dong dkk., 2006; Khemakhem dkk., 2007)

Mineral utama penyusun membran menentukan karakteristiknya, sebagai gambaran formula dengan komposisi bahan: Al_2O_3 dapat menghasilkan pori dengan ukuran 0,1 - 1 μ m dapat diaplikasikan pada penghilangan virus (Khemakhem dkk., 2006); *diatomaceous earth* mampu memfiltrasi bakteri patogen (Dong dkk., 2006); zeolit H dan Y mampu mengolah air asam tambang (Nasir dkk., 2013); dan *nano clay* terlapis $AgNO_3$ mampu mempurifikasi air menjadi air minum (Jedidi dkk., 2009).

Bahan utama penyusun membran keramik seperti alumina, *zirconia*, zeolit, titania dan *silica*, ketersediaannya rendah dan harga bahan tersebut relatif mahal. Oleh karena itu, mineral alternatif seperti *fly ash* dan *nano clay* perlu dikaji dan dikembangkan sebagai material substitusi dalam pembuatan membran keramik beserta aplikasinya untuk pengolahan air bersih.

Fly ash merupakan limbah padat industri pembangkit listrik berbahan baku batubara (Wardani, 2008) yang cukup banyak. Kandungan mineral *fly ash* seperti SiO_2 (52,0%), Al_2O_3 (31,9%), Fe_2O_3 (5%), CaO (3%) dan MgO (5%) mampu meningkatkan kemampuan fisik membran keramik (Iyer dan Scott, 2001; Jedidi dkk., 2009; Kutchko dan Kim, 2006). Hal tersebut dikarenakan ukuran *fly ash* batu bara bervariasi dari sekitar 1 μ m sampai dengan 100 μ m dan luas permukaannya berkisar antara 200 maupun hingga 700 m^2/kg (Brigatti dkk., 2006), sehingga penggunaannya dapat meningkatkan permeabilitas dan kinerja membran keramik.

Fly ash bersifat *amorf*, maka dalam pembuatan membran keramik ditambahkan *clay* untuk memperbaiki sifat fisiknya. *Clay* adalah mineral silikat berlapis (pilosilikat) dengan satu lembaran Al_2O_3/MgO_2 , partikel mineralnya berdiameter 0,002mm, sedangkan partikel *clay* berukuran kurang dari 0,004 mm (Brigatti dkk., 2006). *Clay* akan mengumpul keras dan kaku dalam keadaan

kering, lebih plastis dan melekat apabila terkena air, dan bersifat *viterius* pada suhu pembakaran yang tinggi, sehingga *clay* berfungsi sebagai perekat dan membentuk gumpalan keras dan kaku setelah dibakar pada aplikasi membran keramik (Kodikara dkk., 1999). Membran keramik berbahan dasar *fly ash* dan *nano clay* mempunyai kinerja yang rendah karena perbedaan ukuran partikel (Zevenbergen dkk., 1999). Mengingat kajian mikrofiltrasi berbahan baku *nano clay* masih jarang dilakukan, maka penelitian ini mencoba untuk meningkatkan porositas, densitas dan luas permukaan membran menggunakan *nano clay*.

Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui komposisi optimum *nano clay* dan *fly ash* serta suhu pembakaran pembuatan membran keramik tubular terhadap unjuk kerja maupun karakteristik fisik permukaannya. Membran keramik tubular di ujicobakan untuk filtrasi pengolah air permukaan di Banyuwasin. Analisa unjuk kerja efektifitas membran keramik dikaji melalui penurunan kadar (persentase permeabilitas) Fe, Mn dan CaCO_3 . Diharapkan hasil penelitian ini dapat berkontribusi pada pengembangan teknologipenggunaan membran keramik untuk penyediaan air bersih.

2. METODE PENELITIAN

2.1. Alat dan Bahan

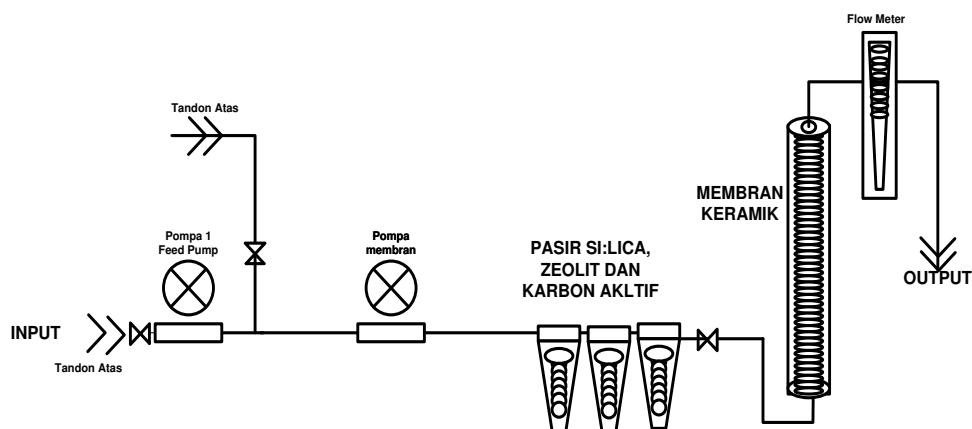
Fly ash batu bara diambil di PLTU Muara Enim pada bulan Maret 2013, *Nano clay* dari PT Tunas Inti

Makmur Semarang, cetakan membran, furnace, alat pengolah air (*membrane housing*), pH meter, dan *Atomic Absorption Spectrometer* (AAS). Untuk membuat *nano clay* digunakan *Planetary ball mill*, sedangkan karakteristik morfologi permukaan di analisa menggunakan SEM (JEOL 330) dan XRD (Shimadzu model X-RD 6000).

2.2. Metode

Pengambilan contoh dilakukan di daerah Tanjung Siapi api, Kabupaten Banyuwasin, Sumatera Selatan pada bulan Juni 2013 di 3 lokasi yaitu air sumur, air sungai dan daerah rawa. Metode pengambilan contoh sesuai SNI 6989.59:2008.

Preparasi pembuatan membran keramik tubular dilakukan sesuai metode *slip casting* (Baker, 2000; Jedidi dkk., 2009) dengan memvariasikan perbandingan berat *fly ash:nano clay* sebanyak 4 level yaitu (2:3), (1:1), (3:2), (7:3) dan suhu pembakaran divariasikan 3 level yaitu 700°C , 800°C dan 900°C . Campuran *fly ash* dan *nano clay* ditambahkan air sekitar 25%, kemudian pencetakan bentuk tubular dengan ukuran diameter dalam 3,5 cm; diameter luar 4,5 cm; ketebalan 1 cm; panjang 75 cm. Bahan dicetak, dikeringkan pada suhu kamar selama 7 hari, kemudian dibakar dengan *furnace* sesuai dengan variasi suhu pembakaran tersebut. Pembakaran dilakukan selama 12 jam yaitu 4 jam pengeringan pada suhu 120°C , dan dilanjutkan dengan kenaikan laju pemanasan $3^\circ\text{C}/\text{menit}$.



Gambar 1. Desain teknik unit pengolah air menggunakan

Pengujian unjuk kerja dilakukan menggunakan unit alat pengolah air sesuai pada Gambar 1 pada tiap varian yaitu 12 membran keramik dengan 2 replikasi. Alat dikondisikan beroperasi pada tekanan 0,05 atm, suhu kamar dan debit air inlet 0,1 mL/s, dilakukan *backwash* (pencucian terbalik menggunakan 0,1N asam klorida dan akuades dengan laju alir yang tinggi). *Permeat* diuji pH, kadar Fe, Mn dan CaCO_3 (triplo) sesuai metode SNI 01-3554-2006. Efektivitas kinerja membran keramik dinyatakan dengan penurunan kadar Fe, Mn dan CaCO_3 . Permeabilitas/persentase penurunan kadar dihitung dengan membandingkan selisih antara konsentrasi inlet dan *permeat* dengan konsentrasi outlet membran keramik.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Hasil Analisa Kualitas Air Permukaan

Kualitas air permukaan pada Tabel 1 menunjukkan kemiripan dengan air asam tambang, pH berkisar antara 2 - 4, kandungan Mn antara 0,5-1,0 mg/L dan kandungan Fe berkisar antara 6-17 mg/L. Hal serupa juga ditemukan pada penelitian (Afrianty dkk., 2012; Wibisono dkk., 2009) yang telah mengkaji kualitas air rawa di daerah Sumatera Selatan dan menyatakan bahwa secara umum belum memenuhi persyaratan air bersih sesuai dengan Peraturan Menteri Kesehatan No: 416/MEN/KES/PER/XI/1990. Banyuasin merupakan lahan gambut yang dikembangkan untuk aktivitas perkebunan kelapa sawit dan karet dengan tingkat pemupukan yang cukup tinggi. Hasil pengukuran kekeruhan (*Total Dissolved Solid*) yang tinggi pada ketiga lokasi mengkonfirmasi bahwa kandungan asam organik seperti asam humat, asam fulvat dan humin dalam air menaikkan nilai kekeruhan air. Hal tersebut didukung dengan hasil pengukuran pH air pada lokasi yang cukup asam, hal ini sejalan dengan hasil pengamatan oleh Notodarmojo dan Deniva (2004). Sedangkan pengamatan lain oleh Nasir dkk., (2014) menyatakan bahwa kegiatan pertambangan batu bara dan proses resapan air asam

tambang tersebut berpengaruh secara tidak langsung terhadap kandungan Fe dan Mn di air permukaan.

Tabel 1. Hasil Uji Kualitas Air

No	Parameter	Unit	Air Rawa	Air Sumur	Air Sungai
1	pH	-	2,58	4,68	3,55
2	Fe	mg/L	6,4	16,8	6,6
3	Mn	mg/L	0,7	0,6	0,7
4	CaCO_3	mg/L	3170	3150	3090

3.2. Efektivitas Mikrofiltrasi Membran Keramik

Unit alat pengolah air di desain dengan kemampuan mikrofiltrasi membran keramik, sehingga input proses harus dikondisikan (*pretreatment*) agar kinerja mikrofiltrasi lebih optimum. Hal ini dilakukan dengan menambahkan kapur tohor (CaCO_3) serta aerasi selama 1 jam untuk menaikkan pH dan mengurangi kadar Fe, Mn dan CaCO_3 . Selain menaikkan pH melalui penambahan kapur dan proses hidrolisis air, *pretreatment* juga berperan dalam pengendapan Mn dan Fe menjadi oksida MnO_2 dan Fe_2O_3 karena pengaruh oksidasi udara selama proses aerasi (Nasir dkk., 2014). Fe lebih bersifat reaktif dibandingkan Mn terhadap oksidasi dalam air (hidrolisis) karena K_{sp} $\text{Fe}(\text{OH})_3$ lebih kecil dibandingkan K_{sp} $\text{Mn}(\text{OH})_2$. Tingginya konsentrasi Fe akan menaikkan laju reaksi pengendapan $\text{Fe}(\text{OH})_3$. Di sisi lain, aerasi dan agitasi asam – asam organik dalam air akan mengubahnya menjadi flokulan dan mengendap. Sedangkan pengurangan kadar kesadahan terjadi akibat naiknya konsentrasi Ca^{2+} sehingga dengan cepat jenuh menjadi $\text{Ca}(\text{OH})_2$ segera teroksidasi selama aerasi menjadi endapan CaO . *Pretreatment* menghasilkan air inlet unit alat pengolah air dengan spesifikasi pH sekitar 7-8; Kadar Fe 6-8 mg/L; Kadar Mn 0,4-0,7; dan Kadar CaCO_3 190-250 mg/L.

3.3. Desain Unit Pengolah Air

Gambar 1 menunjukkan satu unit set pengolahan air mulai dari unit adsorpsi pasir silika, *zeolit*, karbon aktif dan unit mikrofiltrasi membran keramik. Urutannya

didesain untuk mengoptimalkan kinerja pengolahan air, mulai dari adsorpsi menggunakan adsorben dengan pori besar dan mikrofiltrasi. Pemisahannya akan didasarkan pada distribusi ukuran molekul maupun ion, dimana yang berukuran lebih besar seperti flokulan organik, residu asam organik, nitrat, nitrit, sulfat dan klorida akan tersaring terlebih dahulu, sedangkan mikrofiltrasi dilakukan oleh membran keramik akan memfiltrasi ion yang berukuran lebih kecil melalui mekanisme adsorpsi yang disebabkan oleh adanya tumbukan partikel dengan *fly ash* yang bergantung dengan jumlah pori pada filter keramik dan luas permukaannya (Baker, 2000).

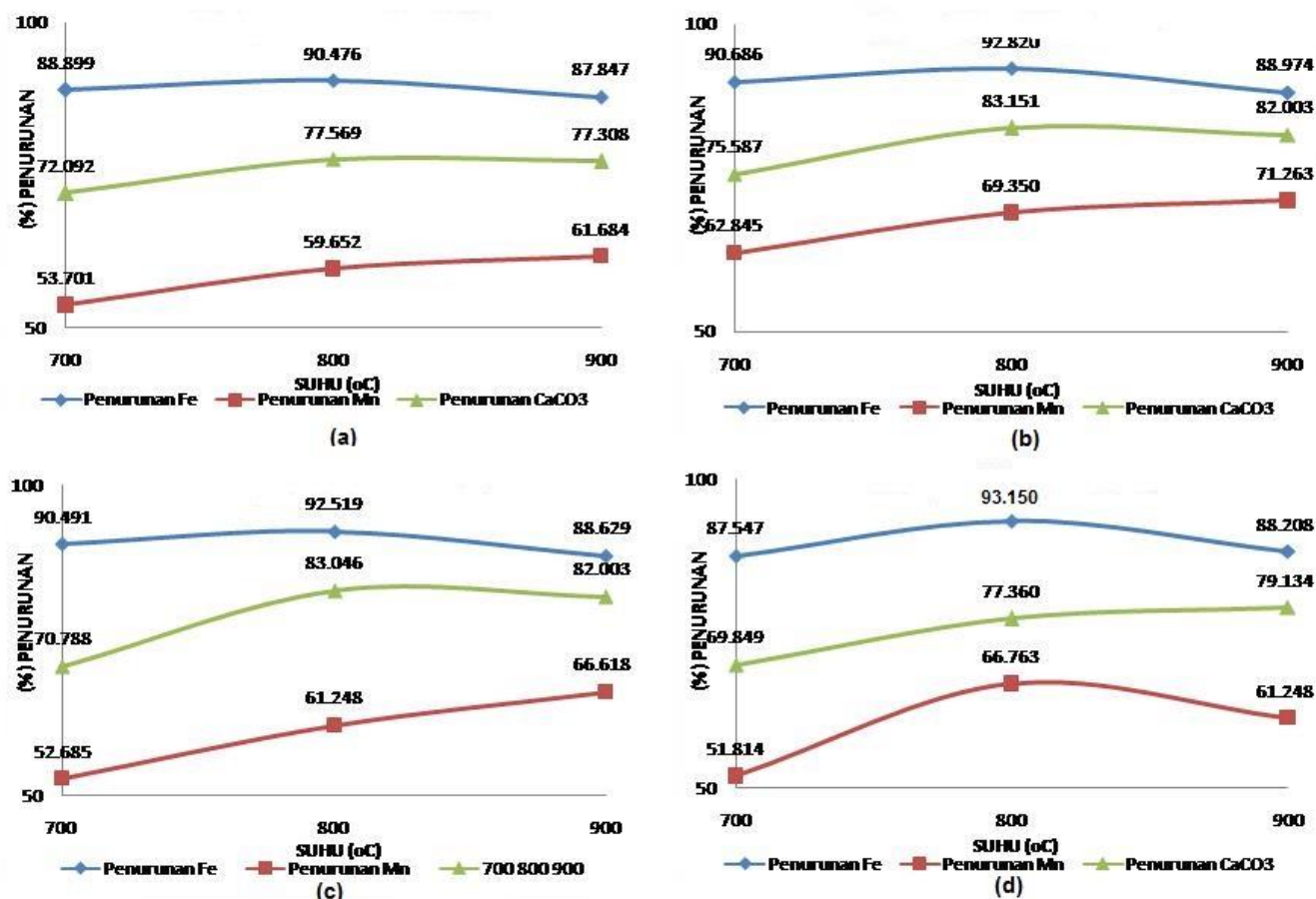
Tabel 2 menunjukkan kinerja permeabilitas membran keramik pada variasi komposisi *fly ash:nano clay* dan suhu pembakaran, sedangkan Gambar 2 menunjukan kinerja unit pengolahan air menggunakan 12 membran keramik tersebut. Penurunan kadar Fe, Mn dan CaCO_3 pada unit pengolah air adalah cukup besar yaitu berturut-turut berkisar antara 87-93%, 50-66% dan 68-82%. Dilihat dari persentase penurunannya, dapat dikatakan kinerja membran keramik unit pengolah air mempunyai efektivitas / permeabilitas yang cukup tinggi. Selain itu, variasi komposisi *fly ash* dan *nano clay* berpengaruh terhadap besarnya penurunan Fe, Mn dan CaCO_3 , hal ini mengindikasikan bahwa membran keramik dengan komposisi tertentu akan menghasilkan permeabilitas, selektivitas dan porositas yang berbeda-beda.

3.4. Permeabilitas

Permeabilitas merupakan indikator kecepatan suatu spesi (kation atau anion) melewati membran per satuan luas dan waktu dengan gradient tekanan sebagai gaya pendorong (Dong dkk., 2006; Gupta dkk., 2012). Permeabilitas dipengaruhi oleh jumlah, ukuran pori dan porositas. Penambahan NC berpengaruh terhadap kekerasan dan tahan retak membran secara visual, dimana semakin banyak NC maka semakin kokoh dan kristalin, walaupun akan berpengaruh terhadap retak akibat tingginya pemanasan. Berdasarkan data pada Gambar 2 setiap penambahan jumlah NC pada membran keramik akan mengindikasikan semakin rendahnya persentase penurunan Fe, Mn dan CaCO_3 . Hal serupa diungkapkan oleh (Afrianty dkk., 2012 ; Nasir dkk., 2014) bahwa ukuran FA dan Clay adalah berbeda, sehingga apabila pencampurannya kurang homogen maka membran yang dihasilkan cenderung mempunyai porositas, jumlah pori dan luas permukaan yang terbatas. Dibandingkan dengan kinerja membran dengan komposisi lain seperti tanah lempung dan *fly ash* oleh Agmalini dkk., (2013) untuk aplikasi air rawa atau tanah lempung dan *zeolit* oleh Nasir (2013) untuk pengolah air limbah laundry, 12 jenis membran keramik yang diujicobakan dalam penelitian ini mempunyai permeabilitas yang lebih bagus untuk penurunan kadar Fe dan Mn yaitu setidaknya-tidaknya 50% Fe, Mn dan CaCO_3 dapat diadsorpsi maupun terfiltrasi dalam penelitian ini.

Tabel 2. Kinerja membrane keramik pada variasi komposisi FA: NC dan suhu pembakaran

	Inlet	Pembakaran Suhu 700 °C				Pembakaran Suhu 800 °C				Pembakaran Suhu 900 °C			
		D1	E1	F1	G1	D2	E2	F2	G2	D3	E3	F3	G3
		FA:NC	FA:NC	FA:NC	FA:NC	FA:NC	FA:NC	FA:NC	FA:NC	FA:NC	FA:NC	FA:NC	FA:NC
		2:3	1:1	3:2	7:3	2:3	1:1	3:2	7:3	2:3	1:1	3:2	7:3
pH	7.33	6,5	6,6	6,86	7,04	6.51	7.43	6,67	6.56	6.56	6.82	7.13	7.01
Fe	6.657	0.739	0.620	0.633	0.829	0.634	0.478	0.498	0.456	0.809	0.734	0.757	0.785
Mn	0.689	0.319	0.256	0.326	0.332	0.278	0.288	0.267	0.229	0,264	0.198	0.230	0.267
CaCO ₃	19.17	5.35	4.68	5.6	5.78	4.30	3.23	3.25	4.34	4.35	3.45	3.45	4.00



Gambar 2. Efektivitas Penurunan Fe, Mn dan CaCO₃ pada rasio FA : NC (a) 2 : 3, (b) 1 : 1, (c) 3 : 2, dan (d) 7 : 3

3.5. Selektivitas

Melihat kecenderungan besarnya persentase penurunan kadar Fe, Mn dan CaCO₃, 12 membran keramik lebih selektif terhadap Fe, Mn dan Ca berurutan. Selektivitas berkaitan dengan kemampuan membran untuk menahan suatu spesi melalui interaksi spesi tersebut dengan permukaan membran serta kesesuaian ukuran partikel spesi dengan pori membran (Jedidi dkk., 2009). Dalam desain alat ini, mikrofiltrasi ion Fe, Mn dan Ca dengan permukaan membran keramik dapat terjadi melalui proses adsorpsi melalui gaya Van Der Waals, ikatan hidrogen, pertukaran kation maupun terjebakannya dalam pori dan rongga membran secara fisik. Ukuran partikel yang besar (Fe) akan menutupi pori permukaan membran, sehingga partikel ukuran yang lebih kecil tidak dapat tertahan dan lolos, untuk itu komposisi *fly ash* dan *nano clay* dengan ukuran tertentu akan lebih selektif terhadap Fe dibanding Ca dan Mn. Hal ini juga akan mengakibatkan terjadinya *fouling*

(terakumulasinya spesi Fe secara permanen pada membran), efek *fouling* harus dihilangkan dengan *backwashing*. Dari selisih koefisien pemisahan, membran keramik bersifat lebih selektif terhadap Fe dibandingkan dengan Mn, hal serupa juga ditemukan oleh (Jedidi dkk., 2009) dan (Afrianty dkk., 2012) yang memanfaatkan *fly ash* sebagai bahan utama membran keramik.

3.6. Fracture toughness

Data lain yang diamati pada penelitian ini adalah ketahanan mekanik fisik membran keramik selama proses uji kerja. Secara visual selama proses uji coba, membran dengan komposisi *fly ash* : *nano clay* 2:3 bersifat lebih kokoh dan tidak gampang retak selama uji coba pengolahan air apabila dibandingkan dengan membran *fly ash* : *nano clay* 7:3 untuk perlakuan suhu pembakaran yang sama. Sedangkan pada saat uji coba dengan tekanan yang sama, membran dengan komposisi *fly ash* : *nano clay* 1:1

beroperasi dalam housing jauh lebih lama dan tidak retak dibandingkan dengan *fly ash : nano clay* 3:2. Dapat dikatakan bahwa semakin banyak volume *fly ash* dalam membran, maka akan bersifat semakin rapuh, hal ini terbukti bahwa *fly ash : nano clay* 7:3 mempunyai kekokohan paling lemah. Untuk perlakuan suhu, semakin tinggi suhu, maka akan memicu retaknya membran dengan jumlah *clay* yang lebih banyak. Hal tersebut juga diungkapkan pada penelitian sebelumnya oleh (Khemakhem dkk., 2007; Kodikara dkk., 1999). Oleh karena itu, membran dengan fracture strength yang perlu dipertimbangkan adalah komposisi *fly ash:nano clay* 2:3 dan 1:1 pada suhu pembakaran 800°C.

3. 7. Karakterisasi membran keramik dengan XRD dan SEM

Difraktogram sampel *fly ash* batubara menunjukkan oksida utama penyusunnya adalah SiO₂, alumina oksida dan sodium calcium aluminum silicate (*albite*) yang bersifat amorf. Difraktogram sampel *nanoclay* menunjukkan bahwa mineral yang dominan adalah montmorilonit dengan impurities kuarsa dan feldspar. Pada saat proses pengempaan terjadi proses kompaksi antarmuka partikel, senyawa *montmorilonit* maupun *kaolinite* dari *clay* meningkatkan daya lekat antar partikel senyawa lainnya (*fly ash*) sehingga dapat mempermudah proses *sintering* pada suhu rendah (Wardani, 2008; Wibisono dkk., 2009; Zaharah dkk., 2015). Penambahan *nano clay montmorilonit* juga ditujukan untuk memperbaiki sifat fisik membran keramik termasuk ketahanan tekan, plastisitas, porositas dan resistensi terhadap pembakaran membran (Vercauteren dkk., 1998).

Gambar 3 adalah difraktogram membran keramik yang dihasilkan dalam penelitian ini, sedangkan tabel 3 menunjukkan bahwa membran keramik dengan jumlah *nano clay* lebih sedikit dari *fly ash* mempunyai intensitas Quartz SiO₂ hexagonal (4,74) yang lebih kuat dan juga

intensitas mineral dominant andalusite Al₂O₅Si yang cukup lebih tinggi. Berdasarkan tabel 3 puncak *kaolinite clay* tidak muncul dengan jelas secara dominan, hal ini menunjukkan bahwa *kaolinite* bukan senyawa dominan di *clay*. Selain itu, pembakaran pada suhu 800°C juga dapat menyebabkan senyawa *kaolinite* terdekomposisi menjadi senyawa *metakaoline* yang bersifat *amorf* atau non kristal, dan senyawa *magnetite* juga mulai terdekomposisi menjadi *hematite* (Fe₂O₃). Dapat dikatakan bahwa komposisi *fly ash:nano clay* dan suhu pembakaran tidak berpengaruh terhadap jenis mineral keramik.

Berdasarkan hasil uji potograf SEM pada Gambar 3, dapat dilihat perbedaan permukaan yang cukup jelas kehalusan permukaan membran keramik. Semakin sedikit *nano clay* yang ditambahkan pada membran keramik maka permukaan semakin homogen dan halus, gambar D mengandung *fly ash* 70% sehingga densitasnya tinggi dan permukaannya paling rata dan homogen. *Fly ash* adalah partikel yang lebih halus dan ukuran lebih kecil dibandingkan dengan *nano clay*, sehingga membran keramik D akan bersifat sangat homogen dan lebih halus.

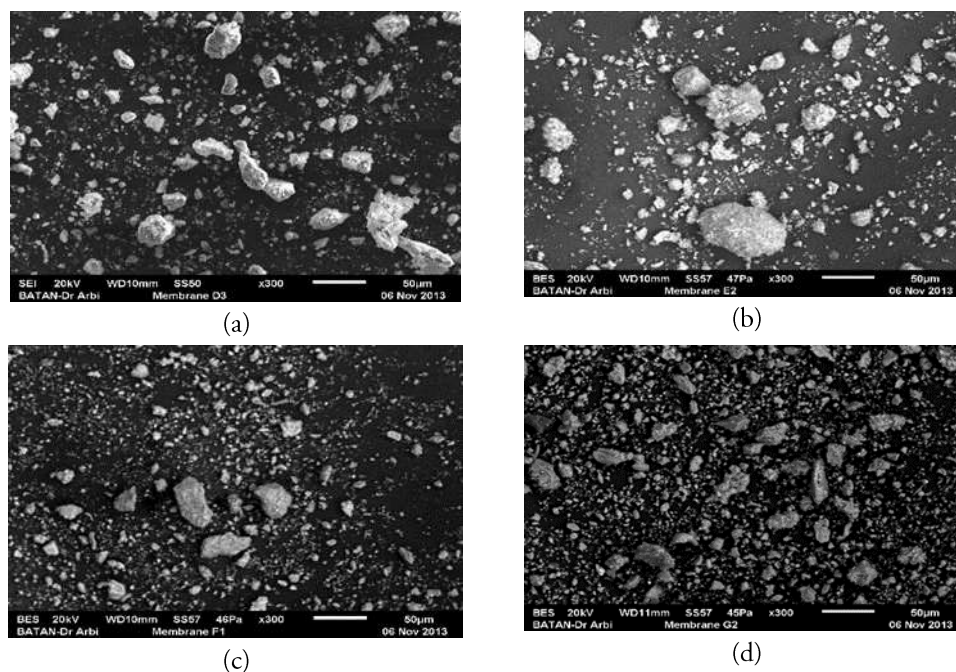
Gambar A dan B menunjukkan ukuran partikel mikron yang tidak halus, cenderung kasar dan kurang homogen. Menurut (Dong dkk., (2006); Jedidi dkk., (2009)) ketidakhomogenan dalam membran keramik tersebut menunjukkan bahwa beberapa partikel terlepas dari badan membran sehingga menutupi luasan pori di permukaan, dan proses *sintering* pada suhu kurang dari 800°C (*densification and coarsening*) belum matang sempurna. Hasil uji F1 menunjukkan bahwa *sintering* belum terjadi sempurna yaitu tidak terlihatnya pori-pori di permukaan secara jelas. Hal ini dikarenakan adanya partikel terlepas sehingga menutupi luasan pori-pori permukaan membran. Keadaan ini akan mempengaruhi permeabilitas dan selektivitas membran keramik.



Gambar 3. Difraktogram Membran Keramik D3, F1, E2 dan G2

Table 3. Ringkasan Difraktogram Varians Membran Keramik

	FA: NC = 2:3 Suhu 900°C	FA: NC = 1:1 Suhu 800°C	FA: NC = 3:2 Suhu 700°C	FA: NC = 7:3 Suhu 800°C
Bar Mineral	Andalusite	Andalusite	Andalusite	Andalusite
Aluminum Silicate Oxide	$Al_2(SiO_4)O$ (Orthorombic)	$Al_2(SiO_4)O$ (Orthorombic)	Al_2O_5Si (Orthorombic)	Al_2O_5Si (Orthorombic)
Intensitas (I/Ic)	0,73	0,73	0,82	0,77
Mineral Silikon Oksida	Quartz SiO_2	Quartz SiO_2	Quartz SiO_2	Quartz SiO_2
	Hexagonal	Hexagonal	Hexagonal	Hexagonal
Intensitas (I/Ic)	0,61	0,61	4,74	4,74



Gambar 4. Fotograf SEM (perbesaran x 300) Membran Keramik pada Berbagai Variasi Komposisi FA: NC dan Suhu Pembakaran: (a) 2:3, 900°C; (b) 1:1, 800°C; (c) 3:2, 700°C; dan (d) 7:3, 800°C

4. KESIMPULAN

Dari 12 varians membran keramik yang dipreparasi dan diujicobakan untuk pengolahan air permukaan dari wilayah Banyuasin, komposisi *fly ash:nano clay* 1:1 dengan suhu pembakaran 800°C mempunyai permeabilitas yang cukup tinggi. Membran keramik tersebut mampu menurunkan kadar Fe sekitar 90-93%, kadar Mn 62-71% dan kadar CaCO_3 75-82%. Komposisi *fly ash:nano clay* 1:1 akan meningkatkan efisiensi sintesis membran dikarenakan penggunaan *nano clay* yang relatif lebih mahal dapat ditekan dan komposisi ini juga cukup tahan retak selama proses operasional pengolahan air. Berdasarkan fotograf SEM dan XRD, membran keramik ini mempunyai permukaan yang cukup halus, homogen dengan sebaran permukaan pori yang cukup jelas pada suhu pembakaran 800°C, sehingga dalam proses pembuatannya energi yang dibutuhkan lebih efisien.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kepala Pusat Pengkajian Teknologi dan HKI, Kementerian Perindustrian yang telah memberikan hibah

dana DIPA BPKIMI TA 2013, Kepala Baristand Industri Palembang atas penyediaan fasilitas dan sarana pada penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Afrianty C., Gustin L., Dewi TK., 2012, Pengolahan Limbah Air Asam Tambang Menggunakan Teknologi Membran Keramik, *Jurnal Teknik Kimia* 18(3): 16-25.
- Agmalini S., Lingga NN., Nasir S., 2013, Peningkatan kualitas Air Rawa Menggunakan Membran Keramik Berbahan Tanah liat Alam dan Abu terbang batubara, *Jurnal Teknik Kimia* 19(2): 59-68
- Baker RW., 2000, *Membrane technology*, Wiley Online Library.
- Brigatti M., Galan E., Theng B., 2006, Structures and mineralogy of clay minerals, *Developments in clay science* 1: 19-86.
- Djaenudin D., 2008, *Prospek Penelitian Potensi Sumber Daya Lahan di Wilayah Indonesia*, Makalah Orasi

- Penguahan Profesor Riset Bidang Pedologi dan Penginderaan Jarak Jauh. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian-Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia, Jakarta.
- Dong Y., Liu X., Ma Q., Meng G., 2006, Preparation of cordierite-based porous ceramic micro-filtration membranes using waste fly ash as the main raw materials, *Journal of membrane science*, 285(1): 173-181.
- Gupta VK., Ali I., Saleh TA., Nayak A., Agarwal S., 2012, Chemical treatment technologies for waste-water recycling—an overview. *Rsc Advances*, 2(16): 6380-6388.
- Iyer R., Scott J., 2001, Power station fly ash—a review of value-added utilization outside of the construction industry. *Resources, Conservation and Recycling* 31(3): 217-228.
- Jedidi I., Khemakhem S., Larbot A., Amar RB., 2009, Elaboration and characterisation of fly ash based mineral supports for microfiltration and ultrafiltration membranes, *Ceramics International* 35(7): 2747-2753.
- Jedidi I., Saïdi S., Khemakhem S., Larbot A., Elloumi-Ammar N., Fourati A., Amar RB., 2009, Elaboration of new ceramic microfiltration membranes from mineral coal fly ash applied to waste water treatment, *Journal of hazardous materials* 172(1): 152-158.
- Jedidi I., Saïdi S., Khmakem S., Larbot A., Elloumi-Ammar N., Fourati A., Amar RB., 2009, New ceramic microfiltration membranes from mineral coal fly ash, *Arabian Journal of Chemistry* 2(1): 31-39.
- Khemakhem S., Amar RB., & Larbot A., 2007, Synthesis and characterization of a new inorganic ultrafiltration membrane composed entirely of Tunisian natural illite clay, *Desalination* 206(1): 210-214.
- Khemakhem S., Larbot A., Amar RB., 2006., Study of performances of ceramic microfiltration membrane from Tunisian clay applied to cuttlefish effluents treatment, *Desalination* 200(1): 307-309.
- Kodikara J., Barbour S., Fredlund D., 1999, Changes in clay structure and behaviour due to wetting and drying, Paper presented at the Proceedings 8th Australia New Zealand Conference on Geomechanics: Consolidating Knowledge.
- Kutchko BG., Kim AG., 2006, Fly ash characterization by SEM-EDS, *Fuel* 85(17): 2537-2544.
- Nasir S., 2013, Aplikasi Filter Keramik Berbasis Tanah Liat Alam dan Zeolit pada Pengolahan Air Limbah Hasil Proses Laundry, *Bumi Lestari* 13(1): 29-37
- Nasir S., Ibrahim E., Arief, AT, 2014, Perancangan Plant Pengolahan Air Asam Tambang Dengan Proses Sand Filtrasi, Ultrafiltrasi dan Reverse Osmosis, *Prosiding SNaPP: Sains, Teknologi, dan Kesehatan* 4(1): 194-200.
- Noor M., 2001, Pertanian Lahan Gambut, Potensi dan Kendala: Kanisius.
- Notodarmojo S., Deniva A., 2004, Penurunan Zat Organik dan Kekeruhan Menggunakan Teknologi Membran Ultrafiltrasi dengan Sistem Aliran Dead-End (Studi Kasus: Waduk Saguling, Padalarang), *Journal of Mathematical and Fundamental Sciences* 36(1): 63-82.
- Said N., 2008, Teknologi pengolahan air minum: Teknologi pengolahan air gambut sederhana, BPPT Press.
- Tjahjono E., 2006, Kajian potensi endapan gambut di Indonesia berdasarkan aspek lingkungan, Jakarta: Pusat Sumber Daya Geologi 4.
- Vercauteren S., Keizer K., Vansant E., Luyten J., & Leysen R., 1998, Porous ceramic membranes: preparation, transport properties and applications, *Journal of Porous Materials* 5(3-4): 241-258.
- Wardani SPR., 2008, Pemanfaatan Limbah Batubara (Fly ash) Untuk Stabilisasi Tanah Maupun Keperluan Teknik Sipil Lainnya Dalam Mengurangi Pencemaran Lingkungan, Skripsi Universitas Diponegoro.
- Wibisono A., Syafnil S., Sigit M., 2009, Kajian Penggunaan Arang Aktif Sebagai Penyerap Fe, Mn dan Warna Dalam Air Gambut, Fakultas Pertanian UNIB.

Zaharah TA., Wahyuni N., & Suprihatin E., 2015, Pembuatan Membran Silika dari Fly Ash dan Aplikasinya Untuk Menurunkan Kadar COD dan BOD Limbah Cair Kelapa Sawit, Jurnal Kimia Khatulistiwa 4(3): 48-53.

Zevenbergen C., Bradley JP., Van Reeuwijk LP., Shyam A., Hjelmar O., & Comans R N., 1999, Clay formation and metal fixation during weathering of coal fly ash, Environmental science & technology 33(19): 3405-3409.

