

PEMANFAATAN FLY ASH BATUBARA SEBAGAI BAHAN MEMBRAN KERAMIK PADA UNIT PENGOLAH AIR GAMBUT

THE UTILIZATION OF COAL FLY ASH AS CERAMIC MEMBRANES FOR THE UNIT OF PEAT WATER TREATMENT

Chasri Nurhayati dan Tri Susanto
Baristand Industri Palembang
Jl. Perindustrian II No 12, Sukarami, Palembang
e-mail: chasrinurhayati@yahoo.com

Diterima: 1 Agustus 2015; Direvisi: 13 September–2 Desember 2015; Disetujui: 15 Desember 2015

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari penggunaan *fly ash* batubara dalam pembuatan membran keramik dan penggunaannya untuk membran pengolahan air gambut. Tahapan penelitian meliputi: 1) percobaan optimasi komposisi membran dengan memvariasikan persentase *fly ash* dan *clay* (montmorillonit) dan suhu, 2) karakterisasi membran keramik yang dihasilkan dengan XRD dan SEM, dan 3) kemudian melakukan uji coba membran untuk proses desalinasi dan purifikasi air gambut. Optimasi dilakukan dengan memvariasi komposisi yaitu perbandingan *fly ash* batubara: *clay*: 40%:60%, 50%:50%, dan 60%:40% dengan variasi suhu pembakaran membran keramik :700 °C, 800 °C, dan 900 °C. Ujicoba dilakukan untuk mengetahui kemampuan desalinasi dan purifikasi dari 9 (sembilan) variasi membran keramik. Hasil difraktogram menunjukkan adanya perbedaan kandungan mineral untuk setiap perbedaan komposisi, sedangkan hasil analisa SEM menunjukkan bahwa suhu pembakaran berpengaruh pada profil permukaan dan densitas membran keramik yang dihasilkan. Hasil pengujian air gambut yang diolah dengan membran keramik tersebut menunjukkan adanya penurunan kandungan yang cukup signifikan untuk parameter pH, Pb, Fe, Mn, Cd, CaCO₃, nitrat, nitrit, TDS, klorida dan total zat organik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semua membran dapat mengolah air gambut menjadi air bersih sesuai dengan standard persyaratan kualitas air bersih (Permenkes No 416/MEN/KES/PER/XI/1990), terkecuali untuk kandungan logam besi dan mangan. Berdasarkan penurunan cemaran air gambut, membran keramik dengan komposisi berat *fly ash*: *clay* (50%:50%) pada suhu pembakaran 900 °C mampu mengolah air gambut secara optimal.

Kata kunci : air gambut komposisi, *fly ash* batubara, membran keramik, suhu

Abstract

This research aimed to study the use of coal fly ash as material of ceramic membranes, and then use it in the unit of peat water treatment. The stages of the research included: 1) optimization membrane composition by varying the percentage of fly ash and clay (montmorillonite) and temperature, 2) characterize the ceramic membranes using XRD and SEM, and then 3) testing the membranes for desalination and purification of peat water. Optimization was done by varying the composition which was the ratio of coal fly ash: clay (40%: 60%; 50%: 50%; and 60%: 40%) as well as varying the burning temperatures (700°C, 800°C and 900°C). Experiments conducted to determine the ability of desalination and purification of 9 (nine) variations of the ceramic membrane. Diffractogram showed the differences in mineral content each composition, while the SEM indicated the effect of the burning temperature on the surface profile and the density of ceramic membranes. The results of water that treated using ceramic membranes showed a significant decrease in the parameters of pH, Pb, Fe, Mn, Cd, CaCO₃, Nitrate, Nitrite, TDS, Chloride and Total Organic. The results showed that all of the membrane can process peat water into clean water in accordance with the standards of water quality requirements (Permenkes No. 416 / MEN / KES / PER / XI / 1990), except for the metal content of iron and manganese. Based on the result, the ceramic membrane with a composition of fly ash: clay (50%: 50%), burning temperature 900 °C was able to treat peat water more optimum than others.

Keywords : peat water, composition, coal fly ash, ceramic membranes, temperature

PENDAHULUAN

Pemenuhan kualitas air bersih sesuai yang dipersyaratkan oleh Permenkes No 416/MEN/KES/PER/XI/1990 menjadi masalah yang cukup serius. Terlebih lagi di daerah rawa yang memiliki kegiatan

hutan dan perkebunan yang luas. Biasanya, pemenuhan air bersih di daerah ini dilakukan dengan pengolahan air gambut yang tersedia di sekitar pemukiman penduduk. Indonesia mempunyai lahan gambut sekitar 26 juta ha yang tersebar di Kalimantan (13 juta

ha), Sumatera (10 juta ha) dan pulau lain (Agmalini, *et al.*, 2013). Air gambut berwarna cokelat dan bersifat asam dikarenakan kandungan asam organik seperti asam humat, asam fulvat dan humin yang cukup tinggi (Notodarmojo dan Deniva, 2004). Air gambut adalah salah satu sumber daya air yang melimpah dan penting bagi masyarakat di sekitar wilayah tersebut, akan tetapi masyarakat masih mengalami kesulitan dalam proses pengolahan air gambut untuk dijadikan air bersih. Keadaan ini menjadi suatu permasalahan yang cukup besar di kawasan industri dan pemukiman yang berlokasi di daerah Tanjung Siapi Api, kabupaten Banyuwasin, Sumatera Selatan. Menurut hasil kajian yang dilakukan oleh Noor (2001), karakteristik air gambut di daerah Sumatera Selatan mempunyai tingkat keasaman yang tinggi, warna cokelat tua serta kadar besi dan mangan yang tinggi. Keadaan air gambut yang seperti ini apabila tidak dilakukan pengolahan yang tepat maka air tersebut tidak bisa digunakan untuk kebutuhan sehari-hari maupun untuk industri.

Berbagai teknik pengolahan air gambut seperti pengolahan kimia, teknologi ultrafiltrasi dan reverse osmosis (RO) telah banyak dilakukan (Said, 2008). Pengolahan air secara kimia biasanya menghasilkan sisa produk samping yaitu bahan kimia yang cukup berbahaya. Pengolahan air dengan menggunakan membran alami jarang dipakai karena kemampuan filtrasi yang sangat buruk sedangkan pengolahan air menggunakan membran sintesis berbahan polimer seperti selulosa asetat, etil selulosa, polivinil alkohol, metil polimethakrilat membutuhkan biaya tinggi karena membran tersebut relatif mahal (Agmalini *et al.*, 2013; Noor, 2001; Notodarmojo dan Deniva, 2004; Said, 2008). Berdasarkan kajian tersebut maka teknologi membran keramik mulai dikembangkan dalam proses filtrasi, desalinasi dan purifikasi air gambut.

Komposisi membran keramik menentukan ukuran rongga, pori dan luas permukaan pada gugus aktif dalam membran itu sendiri. Membran keramik diilustrasikan sebagai media selektif permeabel dengan ukuran pori,

permukaan porositas, dan diameter tertentu yang menentukan permeabilitas dan kemampuan separasinya. Sebagai contoh membran mikrofiltrasi dari aluminium oksida dengan ukuran pori 0,1 dan 1 μm dapat dipergunakan untuk menghilangkan virus (Khemakhem, *et al.*, 2006) dan membran keramik berbahan *diatomaceous earth* mempunyai kemampuan filtrasi terhadap bakteri patogen (Dong, *et al.*, 2006); membran keramik dari zeolit terbukti mampu mengolah air asam tambang (Nasir, *et al.*, 2013); dan membran keramik dari bahan batu bata clay terlapis AgNO₃ mampu menghasilkan air minum dengan kualitas yang cukup bagus (Jedidi, *et al.*, 2009). Membran keramik dapat dibuat dari campuran bahan yang bertindak sebagai filter yang spesifik sebagai contoh tanah lempung (*clay*), batubara, zeolit dan bahan anorganik lain. Kinerja membran keramik menurut Khemakhem, *et al.*, and Larbot (2007) selain dipengaruhi oleh spesifikasi komposisi, juga dipengaruhi oleh kondisi operasi, yang meliputi tekanan, gradien konsentrasi, pH larutan *inlet*, dan suhu operasi. Sifat mekanik, kimia dan termal dari membran keramik memberikan banyak keuntungan dibandingkan dengan membran polimer. Alumina, zirconia, titania dan silika adalah bahan mineral utama yang umum digunakan pada pembuatan membran keramik, akan tetapi harga dari bahan tersebut relatif mahal, oleh karena itu dikembangkan bahan keramik alami dengan ketersediaan bahan yang melimpah agar menghasilkan membran keramik dengan harga yang lebih murah.

Fly ash batubara merupakan limbah samping dari industri PLTU yang tergolong dalam limbah berbahaya dan beracun. Limbah padat ini dapat dipergunakan untuk bahan dasar membran keramik dengan harganya relatif murah. Menurut Wardani (2008), jumlah limbah padat ini semakin meningkat seiring dengan meningkatnya pusat listrik berbasis batubara. Beberapa penelitian telah berhasil memanfaatkan *fly ash* batubara untuk bahan campuran aspal, semen, beton, paving, dan batu bata (Lyer and Scott, 2001). *Fly ash* batubara merupakan abu terbang sisa

pembakaran batubara yang jumlahnya sekitar 80-90% dari total abu sedang jumlah *bottom ash* hanya sekitar 10%. *Fly ash* batubara mengandung SiO_2 (52,0%), Al_2O_3 (31,9%), Fe_2O_3 (5%), CaO (3%) dan MgO (5%) (Kutchko and Kim, 2006). Selain itu *fly ash* juga mengandung mineral minor yang lain seperti magnesium, sulfur, sodium, potasium dan karbon. Rata-rata ukuran mineral dari *fly ash* batubara hasil pembakaran adalah sekitar 0,075 mm (Santoso, 2013). Menurut Li, 2004, Lin and Hsi, (1995), ukuran *fly ash* batubara bervariasi dari < 1 um sampai dengan >100 um dengan ukuran partikel dibawah 20 um dan luas permukaannya adalah berkisar antara 300 – 500 m^2/kg , beberapa tipe *fly ash* mempunyai luas permukaan kurang dari 200 maupun hingga 700 m^2/kg . Mengingat komposisi dan ukuran *fly ash* tersebut, maka membran keramik yang berbahan *fly ash* digolongkan sebagai teknologi mikrofiltrasi.

Beberapa penelitian telah dilakukan dengan mengolah *fly ash* sebagai bahan baku pada pembuatan membran keramik dengan mensubstitusikan zeolit dan *clay* yang diujicobakan pada pengolahan air asam tambang (Nasir *et. al.*, 2013; Nasir, *et al.*, 2014). Penelitian tentang substitusi *fly ash* pada *clay montmorilonit* beserta optimasi komposisi bahan dan suhu pembakaran untuk membran keramik jarang dilakukan. Penggunaan *fly ash* batubara untuk perancangan desain membran keramik tubular yang digunakan pada pengolahan air gambut dengan karakteristik kandungan asam, Fe dan Mn yang tinggi masih perlu diperdalam untuk mengetahui kondisi optimum pembuatan membran keramik. Berdasarkan keadaan tersebut maka perlu dilakukan penelitian untuk mengetahui komposisi bahan dan teknik pembuatan membran keramik tubular dari *fly ash* sehingga dapat digunakan pada unit pengolahan air gambut. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji komposisi optimal *clay* yang dapat disubstitusi oleh *fly ash* batubara serta menentukan suhu pembakaran optimal pada proses pembuatan membran keramik. Pengujian kinerja membran keramik akan menentukan kemampuan membran keramik untuk

pengolahan air gambut. Hasil penelitian diharapkan dapat menghasilkan air bersih yang dipersyaratkan dan teknologi tepat guna yang murah untuk masyarakat disekitar daerah rawa.

METODOLOGI PENELITIAN

Bahan

Bahan yang digunakan untuk penelitian ini antara lain *fly ash* batubara, *clay*, bahan kimia untuk uji analisa air sesuai dengan metode SNI 01-3554-2006.

Peralatan

Peralatan yang digunakan antara lain alat pengolah air (*housing membrane*), pH meter, timbangan analitik, seperangkat alat sampling air, seperangkat alat gelas, furnace untuk pembakaran membran keramik dan alat cetak membran.

Metode Penelitian

Optimasi komposisi bahan dan temperatur pembakaran membran keramik dilakukan dengan mendesain rancangan percobaan dengan 2 (dua) faktor yaitu suhu pembakaran dan komposisi bahan keramik. Suhu pembakaran divariasikan pada 3 taraf yaitu: 700°C, 800°C, dan 900°C, sedangkan komposisi bahan divariasikan pada 3 taraf yaitu perbandingan *fly ash* dengan *clay* yaitu: 40%:60%; 50%:50%; dan 60%:40%, sehingga diperoleh 9 (sembilan) variasi membran keramik, dan pembuatan membran keramik dilakukan dengan 1 (satu) kali ulangan.

Prosedur Penelitian

1. Pengambilan contoh air gambut

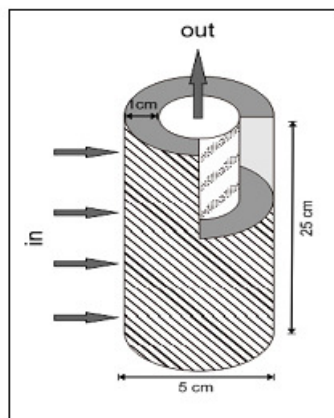
Pengambilan contoh air gambut dilakukan di 4 (empat) lokasi di daerah Tanjung Siapi-api, Kabupaten Banyuasin, Sumatera Selatan pada bulan Juni-Agustus 2013. Metode pengambilan contoh sesuai dengan SNI 6989.59:2008, metode pengambilan contoh air limbah. Air gambut yang digunakan untuk ujicoba (inlet) merupakan campuran air gambut dari 4 (empat) lokasi sampling dengan komposisi volume yang sama.

2. Pembuatan membran keramik.

Bahan *fly ash* bat bara diambil dari PLTU di wilayah Kabupaten Muara Enim pada bulan Maret 2013, sedang pembuatan membran keramik dilakukan di CV Asri Keramik Bandung pada bulan April–Juni 2013. Preparasi membran keramik tubular mikrofiltrasi dengan metode *slip casting* menggunakan *fly ash* partikel berbentuk *spherical*. Prosedur kerja pembuatan membran keramik diawali dengan pencampuran *fly ash* dan *clay* sesuai dengan Tabel 1., Campuran ditambahkan air sekitar 25%, kemudian pencetakan bentuk tubular dilakukan sesuai dengan desain pada Gambar 1. Bahan yang dicetak dikeringkan pada suhu kamar selama 7 hari, kemudian dibakar dengan *furnace* sesuai dengan suhu pembakaran pada Tabel 1. Pembakaran dilakukan selama 12 jam yang meliputi 4 jam pengasapan dan 8 jam pembakaran dengan laju pemanasan 3°C/menit.

Tabel 1. Komposisi bahan dan temperatur pembakaran membran keramik

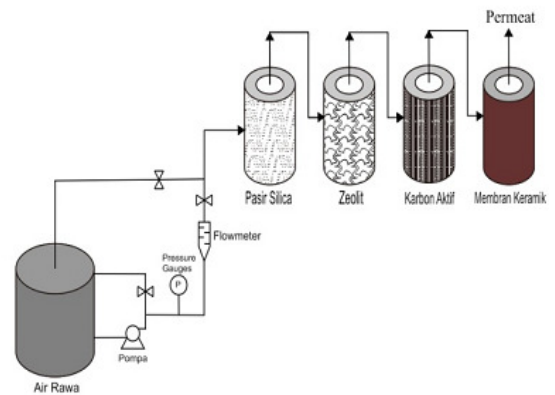
Suhu	<i>Fly ash</i> : <i>Clay</i> 40%:60 % berat	<i>Fly ash</i> : <i>Clay</i> 50%:50 % berat	<i>Fly ash</i> : <i>Clay</i> 60%:40 % berat
700° C	A1	B1	C1
800° C	A2	B2	C2
900° C	A3	B3	C3



Gambar 1. Ukuran membran keramik tubular

3. Uji coba alat pengolah air gambut dan uji kualitas air bersih.

Karakteristik air gambut di daerah Tanjung Siapi-api, Kabupaten Banyuasin, Sumatera Selatan mempunyai kemiripan dengan air asam tambang, dimana tingkat keasaman (pH) berkisar 2 sampai dengan 3, kandungan Mn berkisar antara 0,5 sampai dengan 1,0 mg/l, dan kandungan Fe berkisar antara 7 sampai dengan 16 mg/L. Dengan pH yang rendah tersebut maka air gambut dilakukan pre-treatment terlebih dahulu sebelum diujicobakan pada membran keramik. *Pretreatment* dilakukan dengan cara penambahan kapur (CaCO₃) untuk menghidrolisis air gambut dan menurunkan keasaman, sedangkan i selama 1 jam bertujuan untuk mengubah kation Mn dan Fe menjadi MnO₂, FeO₂, dan oksida logam lain, sehingga akan terjadi endapan oksida, penurunan kadar Mn dan Fe serta untuk meningkatkan *performance* kerja dari membran keramik. Gambar 2 menunjukkan desain alat pengolahan air gambut yang digunakan dalam penelitian.



Gambar 2. Aliran pengolah air gambut

Ujicoba penelitian dilakukan di Baristand Industri Palembang menggunakan *housing membran* seperti ditunjukkan pada Gambar 3. Uji kemampuan masing masing membran keramik dilakukan dengan cara memasang membran keramik pada set alat pengolah air gambut. Alat beroperasi pada tekanan 0,05 atm, suhu kamar dan debit air inlet 0,1 mL/s. *Backwash* terhadap alat pengolah air dilakukan sebelum uji coba membran keramik

dengan berbagai variasi. Ujicoba dilakukan 3 (tiga) kali operasi pengulangan, dengan pengujian air inlet dan outlet sebanyak 3 kali sesuai dengan SNI 01-3554-2006. Perbandingan hasil uji pengolahan air dilakukan mengacu pada syarat kualitas air bersih sesuai dengan Permenkes No 416/MEN/KES/PER/XI/1990.

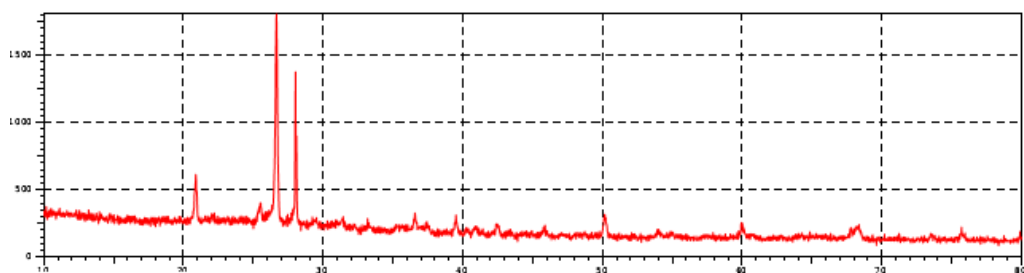


Gambar 3. Alat pengolah air gambut

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Karakterisasi Mineral Membran Keramik Dari Analisis XRD

Analisis XRD dilakukan terhadap sampel *fly ash* batubara sebagai bahan baku dan sampel membran keramik hasil



Gambar 4. Difraktogram Fly Ash sebagai bahan utama

Gambar 5 menunjukkan perbedaan kandungan mineral utama yaitu pada 40% *fly ash* adalah andalusite orthrombic $Al_2(SiO_4)O$ pada intensitas 0,73, sedangkan pada 60% *fly ash* adalah kyanite orthrombic Al_2SiO_5 pada intensitas 0,37

percobaan. Difraktogram menunjukkan struktur kristal dan kandungan mineral pada sampel melalui pencocokan dengan database kristalografi ICDD. Gambar 4 menunjukkan 3 *peak* dengan intensitas tinggi pada 2 theta deg 26,62; 28,0119 dan 20,0854 dengan intensitas masing-masing berturut-turut adalah 1012,0; 422,4 dan 225,6 Hasil Ini menunjukkan bahwa kandungan mineral utama adalah SiO_2 (dominan), alumina oksida dan sodium calcium aluminum silicate (albite).

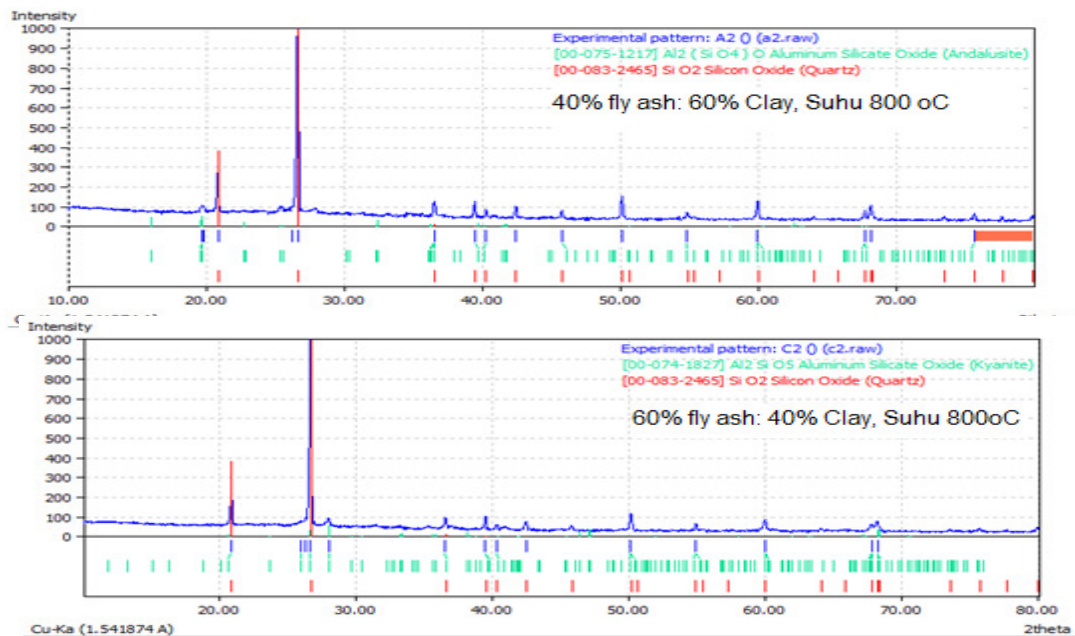
Hasil analisa oksida secara keseluruhan menunjukkan bahwa oksida tersebut bersifat *amorf*, data ini ditunjukkan dengan profil dari puncak difraktogram tersebut. Kondisi *amorf* dari mineral utama tersebut maka dalam pembuatan membran keramik dalam penelitian ini perlu ditambahkan *clay montmorilonit* yang berguna untuk memperbaiki sifat fisik membran keramik termasuk ketahanan tekan dan resistensi terhadap pembakaran membran. Selain itu, penambahan *clay* juga dapat meningkatkan jumlah pori dan rongga untuk mendukung kinerja filtrasi membran (Vercauteren, *et al*, 1998). Hal ini sesuai dengan hasil percobaan penelitian bahwa secara fisik dari 9 (sembilan) komposisi bahan yang dirancang, maka semakin besar penambahan *clay* akan meningkatkan sifat fisik membran keramik yaitu kekokohan, kerapuhan dan tidak gampang pecah.

dengan nilai relatif lebih rendah, akan tetapi untuk komponen mineral kedua dengan intensitas yang cukup tinggi 0.61 baik pada A2 maupun G2 adalah silika oksida dengan bentuk quartz, heksagonal. Perbedaan jumlah *fly ash*

pada suhu pembakaran 800°C, berakibat pada berkurangnya *clay montmorilonit*, hal ini ditunjukkan dengan kontribusi quart heksagonal yang muncul dan beberapa peak mineral lain juga muncul walaupun kurang signifikan.

Pada saat proses pengempaan terjadi proses kompaksi antarmuka partikel, senyawa *montmorilonit* maupun *kaolinite* dari *clay* meningkatkan daya lekat antar partikel senyawa lainnya sehingga dapat mempermudah proses *sintering* sampel pada suhu rendah (Wardani, 2008; Wibisono, *et al*, , 2009; Zaharah, *et al*, 2015). Berdasarkan hasil analisa XRD, puncak *kaolinite clay* tidak muncul dengan jelas. 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). Hasil dari pengamatan fisik, membran keramik tubular C2 lebih kokoh dibandingkan dengan A2, komposisi *clay* yang lebih banyak akan memperkuat ketahanan fisik dari tekanan operasi sehingga akan berpengaruh pada perbedaan selektifitas dan permeabilitas membran yang dihasilkan.



Gambar 5. Difraktogram membran keramik pada suhu pembakaran 800°C, perbandingan *fly ash*: *Clay* (A2) 40%:60% dan (C2) 60%:40%.

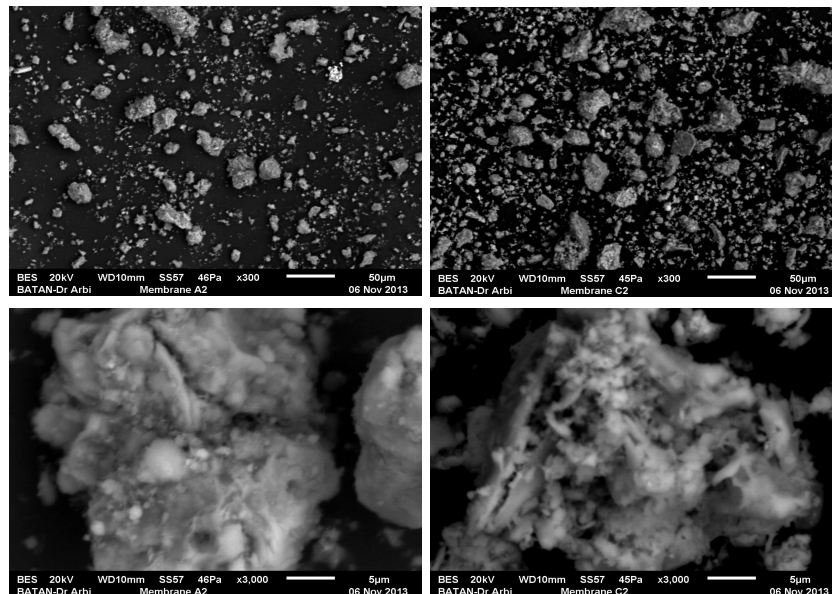
1. Analisa SEM

Berdasarkan hasil uji SEM (Gambar 6), dapat dilihat perbedaan permukaan yang cukup signifikan antara A2 dan C2. Semakin sedikit *fly ash* yang ditambahkan pada membran keramik maka permukaan semakin jarang (densitasnya makin rendah), sedangkan semakin banyak *fly ash* yang ditambahkan pada membran keramik maka permukaan semakin kasar dan rata. Hasil pengujian struktur mikro (butiran partikel) dengan perbedaan perbesaran, dihasilkan warna gelap menunjukkan pori sedangkan warna terang adalah bulir. Hasil pengujian

menunjukkan bahwa membran C2 mempunyai bulir yang lebih banyak dengan pori yang lebih sedikit. Keadaan ini menunjukkan bahwa membran C2 lebih banyak mengandung *fly ash* batubara apabila dibandingkan dengan kandungan *clay*. Dari uji SEM fotograf ke dua perlakuan variasi tersebut, dapat dilihat bahwa pembakaran 800 °C tidak dapat menghasilkan keramik dengan struktur teratur dan halus. Hal ini diperkuat dengan data bahwa pada perbesaran 3000 kali permukaan membran yang tersusun dari *fly ash* dan *clay* yang berukuran mikron tidak halus,

cenderung kasar dan kurang homogen. (Dong *et al.*, 2006); Jedidi, *et al.*, (2009), mengemukakan bahwa ketidakhomogenan dalam membran keramik tersebut menunjukkan bahwa beberapa partikel terlepas dari badan membran sehingga menutupi luasan pori di permukaan, dan proses *sintering* pada suhu 800°C (*densifikasi and coarsening*) belum matang sempurna. Hasil uji lain yang menunjukkan bahwa *sintering* yang terjadi belum sempurna yaitu terdapat pada perlakuan membran A2 dan C2 dengan perbesaran 3000 kali. Hasil pengujian terhadap ke dua membran tersebut adalah tidak terlihatnya dengan jelas pori-pori di permukaan membran,

hal ini dikarenakan banyaknya partikel dari membran keramik yang terlepas dari badan membran sehingga menutupi luasan pori-pori permukaan membran. Keadaan ini akan mempengaruhi permeabilitas membran keramik, karena semakin banyak pori-pori dan konektivitas antar pori yang terbentuk pada membran yang telah dibakar, maka semakin memudahkan fluida untuk dapat diteruskan keluar permukaan membran disisi lainnya. Perbedaan permeabilitas tiap membran keramik dapat dilihat pada efektivitas unjuk kerja membran dengan memperhatikan naiknya kualitas air hasil olahan seperti pada Tabel 2.



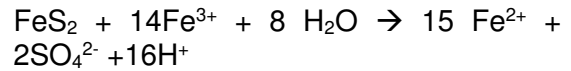
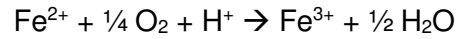
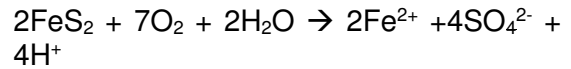
Gambar 6. SEM potograf pada suhu 800°C, perbandingan *fly ash*: Clay A2 (40%:60%) dan C2 (60%:40%) dengan perbesaran 300 dan 3000 X

3.Kinerja Alat Pengolah Air Gambut

Tabel 2 menunjukkan kualitas air gambut yang diambil dari 4 (empat) lokasi pengambilan sampel di daerah Tanjung Siapi-api, Kabupaten Banyuasin, Sumatera Selatan. Hasil pengujian pH air gambut menunjukkan sangat asam yaitu sekitar 2,6, kandungan Fe dan Mn yang tinggi serta nilai kekeruhan dalam air sampel (287mg/L). Kekeruhan yang tinggi ini mengindikasikan adanya kandungan asam organik Daerah Kabupaten Banyuasin, merupakan wilayah gambut yang dikembangkan untuk wilayah perkebunan kelapa sawit, sehingga

aktivitas pertanian seperti pemupukan memberikan kontribusi terhadap tingginya zat organik. Karakteristik lain dari air gambut ini adalah tingginya kesadahan yaitu lebih dari 3000mg/L. Berdasarkan hasil uji ini, maka pengolahan air gambut menggunakan membran keramik harus direkayasa agar unjuk kerja membran keramik dapat optimal. Pretreatment air gambut dilakukan untuk meningkatkan pH dengan penambahan CaCO₃, menurunkan kandungan Fe dan Mn dengan mengaerasi air gambut sehingga menjadi oksida, seperti ditunjukkan pada reaksi dibawah ini (Notodarmojo dan

Deniva, 2004; Said, 2008; Zaharah *et al.*, 2015) . Selain lahan pertanian, wilayah pengambilan sampel juga merupakan daerah bekas tambang batubara, sehingga berdasarkan hasil uji pada Tabel 2, kualitas airnya hampir mirip dengan air asam tambang. Reaksi kandungan Fe pada pretreatment sbb :



Tabel 2. Hasil uji pengolahan air gambut menggunakan berbagai membran keramik.

No	Parameter	Satuan	Air Gambut	Treatment Membran Keramik									Syarat Mutu	
				Suhu 700°C			Suhu 800°C			Suhu 900°C				
				% Fly ash: % Clay			% Fly ash: % Clay			% Fly ash: % Clay				
				40:60 (A1)	50:50 (B1)	60:40 (C1)	40:60 (A2)	50:50 (B2)	60:40 (C2)	40:60 (A3)	50:50 (B3)	60:40 (C3)		
1	pH	mg/L	2,58	7,33	7,4	6,8	6,7	6,58	6,85	7,05	6,53	6,95	6,64	6,5 - 8,5
2	TSS	mg/L	16	16,5	14	14	18	12	9	11	12	11	10	Maks
3	TDS	mg/L	2212	2082	1994	1987	1912	1994	1898	1991	1995	1989	1900	1500
4	Kekeruhan Zat	NTU	49,94	20	3	2,3	2,3	1	1	1	2,28	1,25	1,34	Maks 5
5	Organik ^a	mg/L	287	272	193,3	193,3	199,2	193,4	190,1	191,4	195,2	184,3	192,3	
6	CaCO ₃	mg/L	3036	19,17	8,08	6,34	7,04	7,93	4,56	7,89	6,34	5,35	5,45	Maks500
7	Besi (Fe)	mg/L	9,93	6,6	1,1	0,8	0,9	0,8	0,6	0,7	1	0,85	0,85	Maks 0,3
8	Mangan (Mn)	mg/L	0,66	0,6	0,5	0,4	0,4	0,4	0,3	0,2	0,3	0,2	0,2	Maks 0,1
9	Nitrat (NO ₃ ⁻)	mg/L	0,86	0,249	0,569	0,570	0,447	0,581	0,399	0,404	0,902	0,749	0,871	Maks 10
10	Nitrit (NO ₂ ⁻)	mg/L	4,933	1,72	0,902	0,679	0,845	0,664	0,532	0,541	0,664	0,569	0,481	Maks 1
11	Sulfat (SO ₄ ²⁻)	mg/L	27	10,8	30,65	30,64	30,65	30,39	30,64	30,94	30,59	30,51	32,56	Maks 400
12	Klorida (Cl)	mg/L	3,3	7,8	0,231	0,052	0,041	0,042	0,003	0,041	0,041	0,029	0,032	Maks 250

Kemampuan Membran Keramik

Untuk lebih meningkatkan fungsi mikrofiltrasi pada unit pengolah air gambut, maka adsorben pasir silika, zeolit, dan karbon aktif ditambahkan pada unit pengolah air gambut. Desain alat ini dirancang untuk mengoptimalkan kerja membran keramik dengan tujuan agar ke tiga adsorben tersebut akan memfiltrasi ion yang berukuran lebih besar seperti seperti nitrat, nitrit, sulfat dan klorida. Kation H⁺, Mn dan Fe yang berukuran lebih kecil diharapkan dapat tersaring oleh pori dan rongga membran keramik yang berukuran mikro.

Pretreatment air gambut menggunakan CaCO₃ sangat efektif menaikkan nilai pH. Hasil pengujian terhadap air setelah pretreatment meningkat dari pH 2,5 menjadi 7,33. Sedang proses aerasi juga dapat

menurunkan kandungan Fe dari 9,93 menjadi 6,6 dan kandungan Mn dari 0,66 menjadi 0,6. Fe lebih bersifat reaktif dibandingkan Mn terhadap oksidasi dalam air, karena Ksp Fe(OH)₃ lebih kecil dibandingkan Ksp Mn(OH)₂, disisi lain tingginya konsentrasi Fe dalam air gambut juga berpengaruh terhadap laju reaksi pengendapan dan oksidasi Fe menjadi Fe(OH)₃. Sebagai imbas dari proses penetralan dan aerasi, nilai kekeruhan, TDS dan CaCO₃ juga mengalami penurunan, hal ini dapat dijelaskan karena dengan adanya aerasi maka agitasi dari asam organik dalam air gambut akan dengan mudah berubah menjadi flokulan dan mengendap bersama dengan oksida lain. Kadar kesadahan turun signifikan dikarenakan Ca dalam air gambut menjadi lebih jenuh dengan penambahan CaCO₃ (sebagai

penetral), sehingga K_{sp} $Ca(OH)_2$ mudah tercapai dan segera berubah menjadi CaO karena adanya aerasi dalam sistem pretreatment. Berdasarkan Tabel 2, terjadi penurunan TSS, TDS, kekeruhan, zat Organik dan kesadahan yang cukup signifikan pada 9 (Sembilan) membran keramik pada ujicoba pengolah air gambut. Hal ini menunjukkan efektifitas purifikasi dari sistem pengolah air, dimana *pretreatment* yang dilakukan dan adsorpsi pada adsorben cukup efektif, sehingga penurunan yang cukup signifikan pada kekeruhan, kesadahan. Sedangkan unjuk kerja membran keramik, ditunjukkan dengan penurunan kadar Fe dari sekitar 6,6 mg/L menjadi 0,6-1,1 mg/L dan kadar Mn dari 0,66 mg/L menjadi kurang dari 0,2 –0,5 mg/L. Penurunan nilai TSS dari sekitar 16,5 mg/L menjadi sekitar 9-18 mg/L kemungkinan disebabkan karena zat terlarut yang tertahan oleh membran keramik lama kelamaan akan terakumulasi atau menumpuk pada permukaan membran dan membentuk endapan yang berfungsi sebagai penyaring aliran TSS.

Kekeruhan menggambarkan tingkat kandungan bahan organik dan anorganik yang terlarut dalam larutan. Parameter keberhasilan filtrasi dapat dinyatakan dengan besarnya zat yang hilang (removal). Proses pretreatment adalah efektif untuk menurunkan kekeruhan pada air gambut, penurunannya cukup signifikan dari sekitar 49,94 NTU menjadi 20 NTU, sedangkan kinerja set pengolah air menunjukkan penurunan dari 20 NTU menjadi sekitar 1-3 NTU. Kadangkala terjadi kenaikan kekeruhan dalam proses pengolahan air bersih yang disebabkan dengan proses *sintering* yang kurang sempurna, tetapi pada penelitian ini menghasilkan nilai kekeruhan yang menurun pada 9 unit membran sampel, dari kadar kekeruhan 20 NTU menjadi kurang dari 1-3 NTU

Tabel 2 menunjukkan hasil pengujian air gambut yang diolah dengan membran keramik berbagai perlakuan. Pada hasil pengujian tersebut terjadi penurunan beberapa kandungan anion seperti sulfat, klorida, nitrat dan nitrit sedangkan penurunan kation yang

diamati hanya Fe dan Mn. Penurunan kadar kation dan anion setelah melalui membran keramik ini mengindikasikan bahwa membran keramik yang dihasilkan mempunyai permeabilitas yang cukup bagus. Permeabilitas sering disebut juga sebagai kecepatan permeat atau fluks. Permeabilitas adalah ukuran kecepatan suatu spesi melewati membran per satuan luas dan waktu dengan gradien tekanan sebagai gaya pendorong. Fluks membran keramik berhubungan dengan porositas, semakin tinggi porositas akan mempunyai kemampuan penyaringan yang lebih bagus. Selain itu porositas, jumlah dan ukuran pori, interaksi antara membran dan larutan umpan, viskositas serta tekanan luar juga berpengaruh pada permeabilitas membran. Hasil pengujian air gambut menunjukkan bahwa penambahan clay semakin sebanyak (konsentrasi 40%, 50% dan 60%) maka semakin efektifnya proses filtrasi maupun purifikasi. Pendapat ini ditunjukkan dengan data hasil pengujian kadar anion maupun kation pada air gambut yang cenderung menurun (Tabel 2).

Hasil analisa anion dan kation (Table 2) dapat disimpulkan permeabilitas yang cukup bagus, akan tetapi selektifitas anion dan kation tidak dapat diperkirakan. Selektifitas ini berkaitan dengan kemampuan membran untuk menahan suatu spesi, ukuran partikel dalam larutan umpan dan interaksinya dengan permukaan membran serta ukuran pori juga berpengaruh pada penentuan selektifitas suatu membrane (Jedidi, *et al.*, 2009). Dari data hasil pengujian yang ada pada Tabel 2, belum dapat dikatakan bahwa selektifitas membran keramik berbahan *fly ash* dan *clay* adalah lebih selektif pada ion logam kation atau ion anion. Secara keseluruhan, membran keramik yang dibuat dalam penelitian ini adalah membran mikrofiltrasi yang mempunyai kinerja sangat baik untuk pemisahan zat padat tersuspensi, sangat baik untuk pemisahan zat organik maupun an organik terlarut. Beberapa ulasan diatas telah dijelaskan bahwa semakin tinggi kandungan *clay* pada membran keramik maka akan menghasilkan membran keramik tubular dengan unjuk kerja yang semakin bagus.

Berdasarkan pada efektivitas unit pengolahan air gambut yaitu penurunan konsentrasi cemaran air gambut (Tabel 2), dapat disimpulkan bahwa komposisi 50% *clay* dalam pembuatan keramik adalah perlakuan terbaik untuk menghasilkan membran keramik yang optimum baik dari segi ketahanan fisik maupun permeabilitas. Sedangkan suhu pembakaran pada proses pembuatan membran keramik berpengaruh langsung terhadap efektivitas kerja membran keramik yang dihasilkan. Hasil pengujian terhadap membran keramik dengan perlakuan suhu pembakaran 700, 800 dan 900°C dapat disimpulkan bahwa suhu pembakaran 900°C adalah suhu optimum untuk mematangkan proses *sintering* dalam pembuatan membran keramik.

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian ini, dapat ditarik beberapa kesimpulan bahwa karakteristik air gambut di daerah Tanjung Siapi-Api, Kabupaten Banyuasin, Sumatera Selatan belum memenuhi persyaratan kualitas air bersih. Pengolahan air gambut menggunakan membran keramik tubular berbahan *fly ash* dan *clay* dapat digunakan untuk mengolah air gambut menjadi air bersih yang memenuhi standard sesuai dengan PERMENKES No 416/MEN/KES/PER/XI/1990, terkecuali penurunan kandungan logam Fe dan Mn. Hasil penelitian pengolahan air gambut dengan membran keramik menunjukkan bahwa kualitas air gambut yang terbaik diolah dengan membran keramik tubular dengan komposisi perbandingan berat *fly ash*: *clay* (50%:50%) pada suhu pembakaran 900°C.

Perlu dilakukan penelitian lanjutan dengan komposisi penyusun membran keramik dari *fly ash* lebih bervariasi menggunakan alumina silikat murni sebagai pengganti *clay*. Selain itu, perlu dikaji lebih lanjut tentang penggunaan nano *fly ash* dalam pembuatan membran keramik tubular untuk nanofiltrasi pada unit pengolahan air minum dan penentuan suhu dan komposisi optimum sebaiknya menggunakan teknik optimasi

untuk mendapatkan data yang lebih akurat

UCAPAN TERIMAKASIH

Atas terselesainya penelitian ini, kami berterimakasih kepada Kepala Pusat Pengkajian Teknologi dan HKI, Kementerian Perindustrian yang telah memberikan hibah dana untuk membiayai seluruh kegiatan ini. Kami juga menyampaikan banyak terima kasih kepada Kepala Baristand Industri Palembang yang telah menyediakan sarana dan fasilitas agar penelitian ini dapat selesai pada waktunya. Tak lupa apresiasi setinggi-tingginya untuk tim penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Agmalini, S., Lingga, N. N., dan Nasir, S. (2013). *Peningkatan kualitas Air Rawa Menggunakan Membran Keramik Berbahan Tanah Liat Alam dan Abu Terbang Batubara*. *Jurnal Teknik Kimia*, 19(2).
- Dong, Y., Liu, X., Ma, Q., and 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.
- 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., and Amar, R. B. (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., Khmakem, S., Larbot, A., Elloumi-Ammar, N., Fourati, and Amar, R. B. (2009). *New Ceramic Microfiltration Membranes from Mineral Coal Fly Ash*. *Arabian Journal of Chemistry*, 2(1), 31-39.
- Khemakhem, S., Amar, R. B., and 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., and Amar, R. B. (2006). *Study of Performances of Ceramic Microfiltration Membrane From*

- Tunisian Clay Applied to Cuttlefish Effluents Treatment*. Desalination, 200(1), 307-309.
- Kutchko, B. G., and Kim, A. G. (2006). *Fly ash characterization by SEM-EDS*. Fuel, 85(17), 2537-2544.
- Li, G. (2004). *Properties of High-Volume Fly Ash Concrete Incorporating Nano-Sio 2*. Cement And Concrete Research, 34(6), 1043-1049.
- Lin, C.-F., & Hsi, H.C. (1995). *Resource Recovery of Waste Fly Ash: Synthesis of Zeolite-Like Materials*. Environmental science & technology, 29(4), 1109-1117.
- Nasir, S., Arief, A. T., dan Ibrahim, E. (2013). *Perancangan Plant Pengolahan Air Asam Tambang dengan Metode Kombinasi Sand Filter, Ultrafiltrasi, dan Reverse Osmosis*.
- Nasir, S., Ibrahim, E., dan Arief, A. T. (2014). *Perancangan Plant Pengolahan Air Asam Tambang Dengan Proses Sand Filtrasi, Ultrafiltrasi Dan Reverse Osmosis*. Prosiding SNaPP: Sains, Teknologi, dan Kesehatan., 4(1), 193-200.
- Noor, M. (2001). *Pertanian Lahan Gambut, Potensi dan Kendala: Kanisius*. Yogyakarta
- Notodarmojo, S., dan 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.
- Santoso, N. A. (2013). *Studi Komposisi, Morfologi Bulir dan Suseptibilitas Mineral Magnetik Abu Ringan (Fly Ash) Sisa Pembakaran Batu Bara Pada PLTU PT IPMOMI Paiton Dan Pasaran*. SKRIPSI Jurusan Fisika-Fakultas MIPA UM.
- Vercauteren, S., Keizer, K., Vansant, E., Luyten, J., and Leysen, R. (1998). *Porous Ceramic Membranes: Preparation, Transport Properties and Applications*. Journal of Porous Materials, 5(3-4), 241-258.
- Wardani, S. P. R. (2008). *Pemanfaatan Limbah Batubara (Fly ash) Untuk Stabilisasi Tanah Maupun Keperluan Teknik Sipil Lainnya Dalam Mengurangi Pencemaran Lingkungan*. Fakultas Pertanian UNIB
- Wibisono, A., Syafnil, S., dan Sigit, M. (2009). *Kajian Penggunaan Arang Aktif Sebagai Penyerap Fe, Mn dan Warna Dalam Air Gambut*. Fakultas Pertanian UNIB.
- Zaharah, T. A., Wahyuni, N., dan 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).

