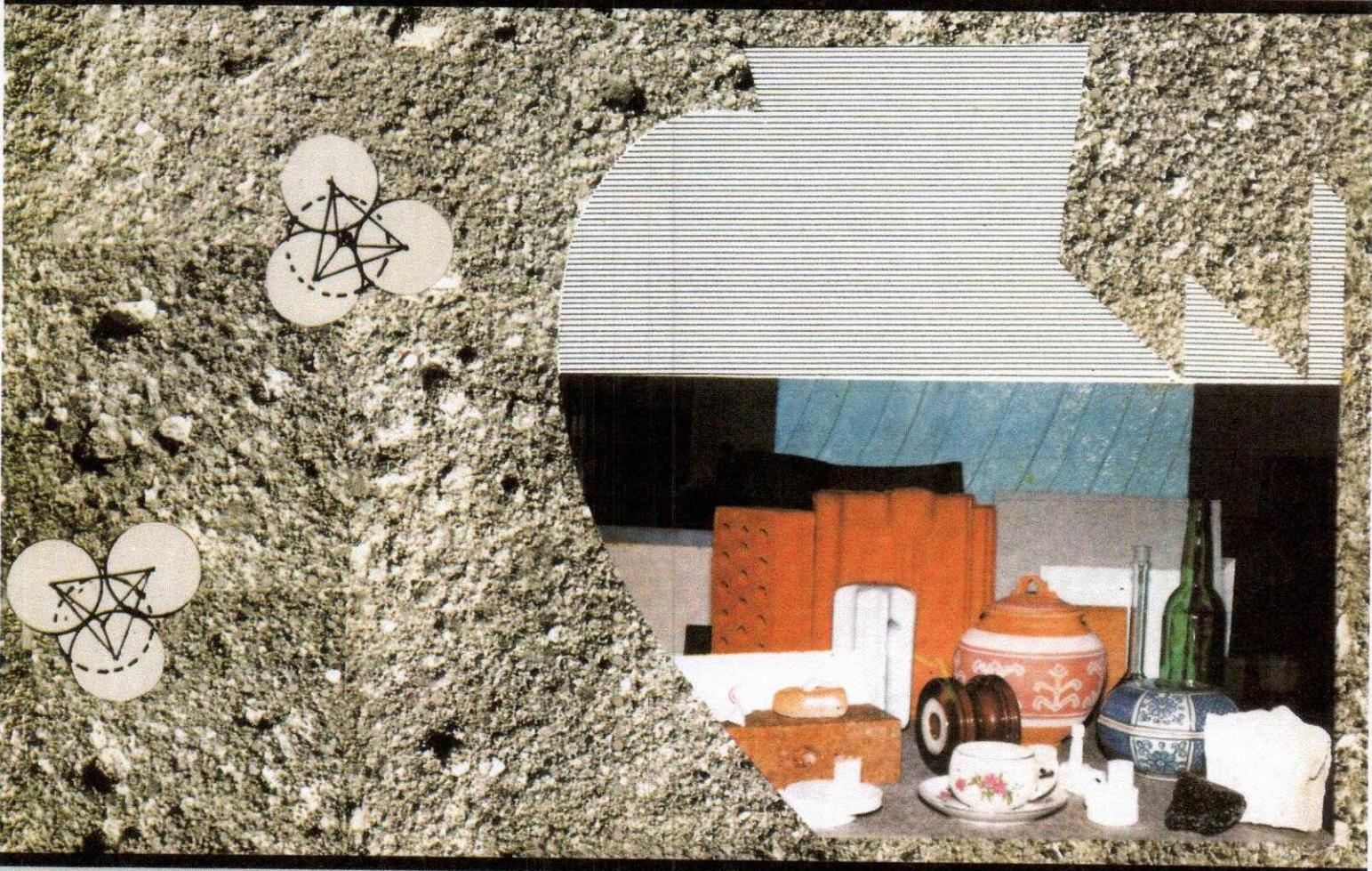




Jurnal KERAMIK DAN GELAS INDONESIA

JOURNAL OF THE INDONESIAN CERAMICS AND GLASS

Vol. 24 No. 1. Juni 2015



KEMENTERIAN PERINDUSTRIAN
BADAN PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN INDUSTRI

BALAI BESAR KERAMIK

JKGI	VOL. 24	No. 1	Hal. 1 - 50	Bandung Juni 2015	ISSN 0854 - 5405
------	---------	-------	-------------	----------------------	---------------------

Terakreditasi No: 461/AU2/P2MI-LIPI/08/2012

Jurnal
KERAMIK DAN GELAS INDONESIA
JOURNAL OF THE INDONESIAN CERAMICS AND GLASS

Vol. 24 No. 1. Juni 2015

Jurnal Keramik dan Gelas Indonesia adalah majalah ilmiah yang diterbitkan dua kali dalam setahun untuk menyebarluaskan hasil-hasil penelitian dan pengembangan serta ulasan ilmiah tentang keramik dan gelas kepada lembaga penelitian dan pengembangan, ilmuwan dan peminat lainnya. Tulisan dalam Jurnal Keramik dan Gelas Indonesia dapat dikutip dengan menyebutkan sumbernya.

Penanggung Jawab

Kepala Balai Besar Keramik

DR. Ir. Lintong Sopandi Hutahaean, M.ChE

Ketua Penyunting Merangkap Anggota

Drs. Fanani Hamzah, MS (Keramik Maju & Gelas)

Penyunting Ahli

Dra. Naniek Sulistarihani, MS (Keramik Elektronik & Keramik Struktural)

Dra. Sri Cicih Kurniasih, M.Si (Keramik Elektronik & Nano Material)

Drs. Suhandi (Keramik Maju & Ilmu Bahan)

Ir. Subari (Keramik Konvensional dan Pengetahuan Bahan)

Mitra Bestari

DR.Ir. Aristianto MMB, MSCE (Keramik Elektronik & Keramik Struktural)

Dr. Diana Rakhmawaty E, M.Si (Kimia Anorganik)

Prof. Dr. Ir. Tarzan Sembiring (Keramik Maju)

Prof. Ir. Husaini, MSc (Mineral & Pengolahannya)

Penyunting Pelaksana

Nurhidayati, S.Si

Dr. Handoko Setyo Kuncoro

Sekretariat

Maria Francisca Sutrisni, BA

Drs. Carwan

Alamat Penyunting dan Tata Usaha

Balai Besar Keramik

Jl. Akhmad Yani No. 392 Bandung 40272

Telp: (022) 7206221, 7207115, 7206296

Fax: (022) 7205322

e-mail: keramik@bbk.go.id

Berdasarkan SK LIPI No. 742/E/2012 dan Nomor Akreditasi : 461/AU2/P2MI/LIPI/08/2012
Ditetapkan sebagai majalah berkala ilmiah terakreditasi

Jurnal
KERAMIK DAN GELAS INDONESIA
 JOURNAL OF THE INDONESIAN CERAMICS AND GLASS

Vol. 24 No. 1. Juni 2015

DAFTAR ISI**Halaman**

1. Sintesis Zirkonia Terstabilkan-Mgo Berukuran Nano Dari Pasir Zirkon
Synthesis of Nanosize MgO-partially Stabilized Zirconia From Zircon Sand
 Eneng Maryani, Soesilowati, Suhandi, Enymia, Ayu Ratnasari dan Tia Aprilia 1 - 9
2. Pembuatan Membran Komposit Dari Bahan Silica Fume Dan Karbon Aktif Melalui Metoda Direct Foaming Dengan Perekat Geopolimer Untuk Aplikasi Pengolahan Air Minum
Preparation of Composite Membrane from Silica Fume and Activated Carbon through Direct Foaming Method Using Geopolymer Adhesive as Binder for Drinking Water Treatment Applications
 Heri Setiawan, R. Laksito Hedi Dwi Nugroho, Rino Rakhmata Mukti, Hermawan K. Dipojono dan Bambang Sunendar 10 - 21
3. Pelapisan Nanosilika Pada Kaca Dengan Menggunakan Metode Tiga Tahap Pelapisan Celup
Nanosilica Coating On Glass Using Three Stages Dip Coating Method
 Fanani Hamzah, Irna Rosmayanti dan Nurhidayati 22 - 31
4. *Influence Of pH On Magnetic Properties Of BaFe₁₂O₁₉*
 Pengaruh pH Terhadap Sifat Magnetik BaFe₁₂O₁₉
 Novrita Idayanti dan Tony Kristiantoro 32 - 37
5. Pembuatan Email Gelas Dari Limbah Kaca Untuk Dekorasi Manik Gelas
Synthesis of The Glass Enamels from The Glass Waste for The Glass Bead Decoration
 Apriani Setiati, Fanani Hamzah, Retno Manik Dumilah dan Ayat Sudrajat 38 - 50

PEMBUATAN MEMBRAN KOMPOSIT DARI BAHAN SILICA FUME DAN KARBON AKTIF MELALUI METODA DIRECT FOAMING DENGAN PEREKAT GEOPOLIMER UNTUK APLIKASI PENGOLAHAN AIR MINUM

Preparation of Composite Membrane from Silica Fume and Activated Carbon through Direct Foaming Method Using Geopolymer Adhesive as Binder for Drinking Water Treatment Applications

Heri Setiawan¹⁾
 R. Laksito Hedi Dwi Nugroho²⁾, Rino Rakhmata Mukti³⁾, Hermawan K. Dipojono⁴⁾
 Bambang Sunendar⁵⁾

¹⁾ Institut Politeknik Manufaktur Negeri Bandung, Jl. Kanayakan No. 21, Bandung 40135, Indonesia
 Phone/Fax : 022-250 0241 /-250 2649

²⁾ Peneliti Balai Besar Keramik Jl. Akhmad Yani 392 Bandung Tlp. (022) 7206221
 E-mail : keramik@bbk.go.id

Naskah masuk : 13 Februari 2015, Rev 1 : 2 Maret 2015, Rev 2 : 18 Maret 2015, Diterima : 01 April 2015

ABSTRAK

Telah dibuat membran keramik komposit untuk pengolahan air minum berbahan silica fume dan karbon aktif dengan menggunakan metode direct foaming. Sebagai binding agent disini digunakan geopolimer. Perbandingan komposisi dibuat 1:1 dan 1:4. Perbandingan komposisi 1:4 terlihat lebih baik dalam hal menurunkan parameter Total Dissolved Solid (TDS), mangan, klorida, sulfat, zat organik, natrium, nitrit, dan pH. Sedangkan komposisi 1:1 lebih baik dalam hal menurunkan kontaminasi unsur nitrat, CaCO₃ dan fluorida. Membran keramik yang dibuat dapat mengurangi kekeruhan air baku dari 360 NTU menjadi 5,69 NTU, TDS dari 910 menjadi 495, kandungan zat besi dari 53,9 mg/L menjadi 0,085 mg/L, mangan dari 3,6 mg/L menjadi <0,648 mg/L, dan warna dari 25 Pt.Co menjadi 10 Pt.Co. Karakterisasi menggunakan Scanning Electron Microscopy (SEM) memperlihatkan pori yang terbentuk berukuran di kisaran makropori (sekitar 100 nm s.d. 1 mm) dan membran memiliki struktur pori yang tidak homogen. Hal ini disebabkan pembentukan pori oleh gas H₂ menghasilkan ukuran pori yang berbeda-beda. Beberapa parameter kimia air olahan masih mempunyai nilai di atas baku mutu air bersih, diantaranya pH 8,64 dan Zat Organik/KMnO₄ 11,89 mg/L sehingga perlu dilakukan pengolahan lanjut agar air olahan dapat memenuhi baku mutu sesuai standar Permenkes No.492/MENKES/PER/VI/2010[1].

Kata kunci : membran komposit keramik, silica fume, karbon aktif, direct foaming, makropori, geopolimer

ABSTRACT

Ceramic composite membrane made from silica fume and activated carbon was successfully prepared using direct foaming method. Geopolymer was also added as binding agent. The compositions ratio were 1:1 and 1:4. The results showed that composition ratio 1: 4 treated better water quality in terms of TDS, manganese, chlorides, sulfates, organic substances, sodium nitrite and pH. While the composition ratio of 1: 1 treated better in terms of reducing nitrate contamination elements, CaCO₃ and fluoride. Utilization

silica fume as raw material on ceramic membrane can improve water quality. Ceramic membrane can reduce water turbidity from 360 NTU to 5.69 NTU, TDS from 910 mg/L to 495 mg/L, the iron content from 53.9 mg/L to 0.085 mg/L, manganese from 3.6 mg/L to <0.648 mg/L, and the color from 25Pt.Co to 10 Pt.Co. Characterization using Scanning Electron Microscopy (SEM) showed that the formed pores sized in range of macro pore (about 100 nm up to 1mm) and membrane pore structure was not homogeneous. Pore Inhomogeneity is due to the pore formation method by H₂ gas via direct foaming that produces different pore size. Some chemical parameters of treated water still have values above drinking water standard quality, such as pH 8.64 and Organic Substances / KMnO₄, 11.89 mg/L. Further treatment is needed in order to meet drinking water quality standard in accordance with Permenkes 492/Menkes/PER/VI/2010[1].

Keywords : ceramic composite membrane, silica fume, activated carbon, direct foaming, macropores, geopolymer

I. PENDAHULUAN

Alam Indonesia memiliki kandungan sumber daya mineral yang sangat banyak. Mineral seperti silika, zeolit dan bentonit adalah beberapa mineral yang membentuk material keramik. Banyak keuntungan dalam penggunaan material keramik sebagai membran diantaranya adalah proses pembuatannya relatif mudah, murah, tidak rentan terhadap serangan mikroba, memiliki kekuatan mekanik yang tinggi, mampu bertahan pada temperatur yang tinggi, dan memiliki stabilitas kimia dan ketahanan korosi yang baik[2]. Material keramik ini dapat direkayasa untuk dibuat membran dan dapat diaplikasikan pada proses pengolahan air[3].

Penelitian ini mencoba membuat membran keramik berbahan baku *silica fume* dan karbon aktif. Pemilihan kedua bahan baku tersebut karena keberadaannya yang melimpah di Indonesia. *Silica fume* merupakan material limbah yang dihasilkan dari proses

produksi batu bara. Saat ini material limbah *silica fume* banyak dipakai untuk pembuatan beton karena dapat menambah nilai kekuatan tekan[4].

Penggunaan material limbah *silica fume* ini akan sangat mendukung penerapan teknologi ramah lingkungan yang saat ini menjadi perhatian semua negara. Pemanfaatan material limbah *silica fume* sebagai bahan baku membran keramik menjadikan produk membran ini ramah lingkungan.

Silica fume memiliki kandungan silika yang banyak (> 85%), bertekstur sangat halus dan berdiameter sangat kecil (*ultrafine*). *Silica fume* memiliki luas permukaan yang sangat besar[4]. Luas permukaan yang besar dari *silica fume* memungkinkan terjadinya kontak yang lebih besar saat digunakan pada proses pengolahan air.

Selain *silica fume*, bahan baku utama dalam pembuatan membran adalah karbon aktif. Karbon aktif ini mudah

diperoleh di Indonesia, berasal dari berbagai sumber baik dari bahan tambang seperti batu bara atau dari biomassa seperti tempurung kelapa dan kayu[5]. Karbon aktif juga sudah lama dikenal sebagai bahan baku yang digunakan untuk media pengolah air. Karbon aktif memiliki luas permukaan yang sangat besar dan memiliki porositas berukuran mikro sehingga memungkinkan proses adsorpsi yang maksimal[6].

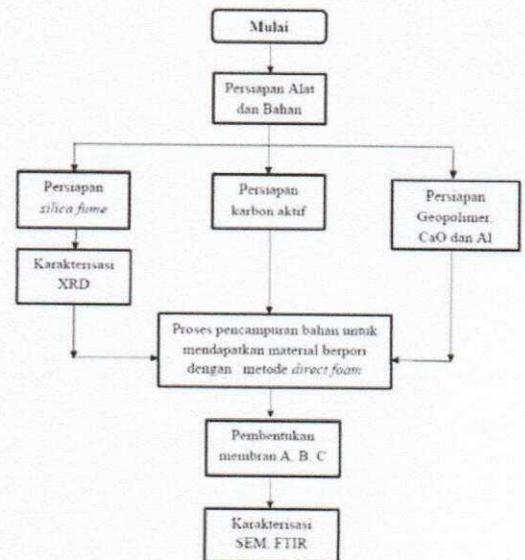
Membran dari bahan keramik dan karbon aktif baik digunakan sebagai filter untuk menghilangkan berbagai kontaminan yang ada pada air baku. Membran keramik bisa menghilangkan unsur yang tidak dikehendaki yang ada pada air. Selain itu membran keramik relatif mudah dibersihkan hanya dengan cara mencuci balik (*backwash*) disaat membran mengalami kejenuhan.

N

Langkah-langkah pelaksanaan penelitian dilaksanakan sesuai urutan diagram alir seperti pada Gambar 1.

Diagram alir penelitian ini meliputi pembuatan membran keramik dan karakterisasi material membran keramik menggunakan XRD, SEM dan FTIR lalu setelah itu dilakukan analisis kualitas air.

Pembuatan membran keramik dilakukan menggunakan *metode direct foaming* dengan mencampurkan bahan *silica fume* dan karbon aktif lalu ditambahkan material geopolimer yang berfungsi sebagai material pengikat untuk membentuk suspensi keramik.



Gambar 1. Diagram alir penelitian

2.1. Bahan-Bahan

Material yang dipakai dalam penelitian ini adalah serbuk *silica fume*, serbuk karbon aktif, serbuk CaO (kapur tohor), serbuk aluminium, metakaolin, sodium silikat dan larutan NaOH 12 M.

2.2. Tahap Persiapan Material

Karbon aktif dihaluskan dengan menggunakan mesin *ball mill* kemudian diayak hingga menjadi serbuk halus. Sedangkan untuk bahan-bahan lainnya seperti kapur tohor, kaolin, aluminium dan *silica fume* sudah berbentuk serbuk halus sehingga tidak perlu dilakukan proses penghalusan.

Material utama yang berupa *silica fume* dan karbon aktif dibuat menjadi 3 macam paduan yang dibedakan berdasarkan perbandingan komposisi persentase massa antara kedua serbuk tersebut. Pada penelitian ini akan diteliti pengaruh komposisi paduan *silica fume*

dan karbon aktif terhadap proses pengolahan air. Perbandingan massa antara *silica fume* : karbon aktif yang dipilih pada komposisi awal adalah 100:0 (untuk mengetahui proses filtrasi tanpa penggunaan karbon aktif); 50:50 (untuk mengetahui pengaruh karbon aktif pada proses filtrasi bila komposisi massa sama); dan 20:80 (untuk mengetahui pengaruh pada proses filtrasi bila komposisi karbon aktif lebih besar daripada *silica fume*). Jumlah total dari paduan komposisi kedua bahan adalah 10 gram.

Pencampuran bahan-bahan penyusun untuk masing-masing sampel membran keramik dilakukan melalui beberapa langkah.

Serbuk CaO sebanyak 2 gram dicampurkan dengan serbuk aluminium sebanyak 0,02 gram. Sedangkan serbuk karbon aktif dan *silica fume* dicampur dengan serbuk metakaolin 8 gram. Kemudian hasil pencampuran keduanya diaduk menggunakan mesin *ball mill* dalam keadaan kering selama satu jam agar campuran yang diperoleh homogen.

Untuk preparasi geopolimer dibutuhkan larutan NaOH 12 M. Larutan diaduk menggunakan *magnetic stirrer* sampai NaOH terlarut dalam aquadm secara merata.

Material lain yang dibutuhkan adalah metakaolin dan larutan sodium silikat. Metakaolin dihasilkan melalui proses pemanasan serbuk kaolin dalam tungku pada temperatur 750°C selama 8 jam.

2.3. Pembuatan Busa Keramik

Pembuatan busa keramik menggunakan teknik *direct foaming* dilakukan melalui tahapan sebagai berikut:

- Campuran serbuk yang didapatkan pada tahap persiapan material dituangkan dalam sebuah wadah .
- Campurkan sodium silikat dengan larutan NaOH 12 M, dengan perbandingan massa 2:1
- Tuangkan larutan ke dalam wadah yang berisi campuran serbuk sambil diaduk menggunakan *mixer* hingga bereaksi dan membentuk *ceramic foam*. Pemakaian *mixer* bertujuan untuk mendapatkan sebaran pori yang merata.
- Ceramic foam* yang terbentuk kemudian dituangkan ke dalam cetakan pipa PVC berukuran 2 Inch kemudian didiamkan hingga mengeras selama kurang lebih 20 menit.

Ceramic foam yang sudah berupa membran kemudian dimasukkan ke dalam oven dengan temperatur 60°C selama 3 jam. Kemudian membran dikeluarkan dan didiamkan selama 2 hari. Membran berbentuk silinder berdiameter 2 Inch dan tinggi 3 cm serta berat sekitar 40 gram telah selesai dibuat. Bentuk membran terlihat seperti pada Gambar 2.



Gambar 2. Hasil proses pembentukan membran A,B dan C

2.4 Tahap Pengujian

Pengujian yang dilakukan untuk menentukan karakterisasi sampel membran yang dibuat adalah sebagai berikut:

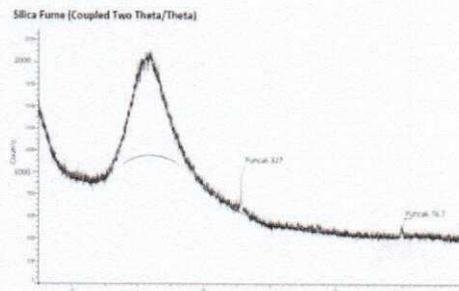
1. Pengujian XRD pada bahan baku *silica fume*. Pengujian ini dilakukan agar dapat mengidentifikasi fasa kristalin dan ukuran kristal.
2. Pengujian SEM pada sampel membran. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui morfologi permukaan.
3. Pengujian FTIR dilakukan untuk mengetahui gugus fungsi yang terbentuk menggunakan perekat geopolimer.
4. Pengujian kualitas air. Dilakukan sebagai validasi terhadap fungsi membran.

Ketiga sampel membran diuji kemampuan filtrasinya menggunakan metode *dead-end filtration*. Proses filtrasi dilakukan dengan cara menuangkan air ke dalam pipa PVC yang telah berisi membran. Pipa berfungsi sebagai wadah air baku dan sekaligus berfungsi sebagai filter. Dengan adanya gaya gravitasi, air dalam wadah PVC akan turun melewati membran keramik dan kemudian akan dihasilkan air hasil filtrasi dari bagian bawah pipa. Proses ini dilakukan pada ketiga membran. Air hasil filtrasi dari ketiga membran kemudian dibawa ke Laboratorium Air Fakultas Teknik Lingkungan ITB untuk dianalisis.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Karakteristik Bahan Silica Fume Melalui Analisis XRD

Hasil karakterisasi material melalui XRD menghasilkan tampilan grafik seperti pada Gambar 3. Pada grafik tersebut terdapat dua puncak tinggi yang muncul diantara puncak-puncak lain yang landai. Hal ini menunjukkan bahwa material penyusun membran adalah *silica fume*. material tersebut mempunyai struktur non-kristalin atau biasa disebut juga amorf.



Gambar 3. Hasil XRD Silica Fume

3.2. Karakteristik Membran melalui SEM

Karakterisasi sampel membran melalui SEM dilakukan dengan memilih dua perbesaran, yaitu perbesaran 1.000x dan 40.000x. Perbesaran yang dipilih ini dimaksudkan untuk melihat morfologi permukaan membran yang meliputi ukuran, distribusi dan pembentukan pori pada rentang ukuran besar (1-10) μm dan kecil (0,1-1) μm .

Morfologi Permukaan Membran A

Hasil SEM pada membran A yang dilakukan dengan perbesaran 1.000x menunjukkan telah terjadi pembentukan pori yang cukup homogen tersebar cukup merata dengan ukuran rata-rata diameter di bawah 1 µm. Di beberapa tempat masih terdapat ukuran pori yang diameternya cukup besar (di atas 1 µm).

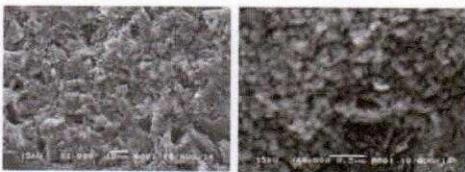
Pada perbesaran 40.000x gambar yang dicitrakan tidak cukup jelas namun terlihat penyebaran pori yang terbentuk tidak merata. Ukuran pori yang terbentuk tidak homogen dengan kisaran ukuran 0,1 µm, kondisi ini disebabkan oleh metode pembentukan pori melalui *direct foaming* menghasilkan gelembung gas H₂ yang berbeda-beda ukurannya.



Gambar 4. Hasil SEM sampel membran A

Kristal yang tampak tidak beraturan. Hal ini menunjukkan bahwa membran keramik berstruktur amorf.

Morfologi Permukaan Membran B



Gambar 5. Hasil SEM sampel membran B

Hasil SEM dengan perbesaran 1.000x pada membran B menunjukkan bahwa telah terbentuk pori namun terlihat masih sedikit dan sebagian penampang lainnya terlihat tertutup. Terlihat pula adanya retakan pada penampang sampel yang mungkin disebabkan tidak terbentuknya ikatan geopolimer secara optimal. Hasil SEM pada perbesaran 40.000x menunjukkan bahwa telah terbentuk pori dengan sebaran yang cukup merata dan sangat rapat. Ukuran pori yang terbentuk terlihat sangat kecil.

Kristal yang tampak tidak beraturan, di beberapa tempat terlihat besar dan di tempat lain kecil dan menumpuk. Hal ini menunjukkan bahwa membran keramik berstruktur amorf.

Morfologi Permukaan Membran C



Gambar 6. Hasil SEM sampel membran C

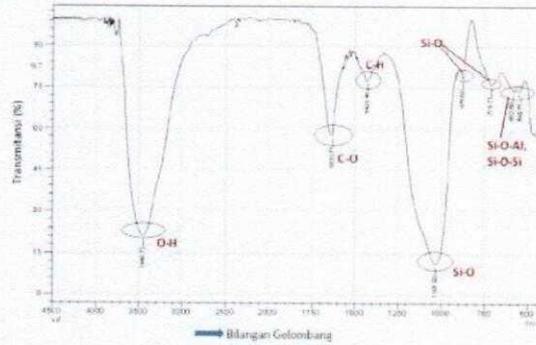
Seperti halnya pada membran A dan B, hasil SEM pada membran C dengan perbesaran 1.000x menunjukkan telah terbentuk pori yang tidak homogen. Pori tersebut tersebar cukup merata. Terlihat beberapa pori besar di sekitar pori lain yang berukuran sangat kecil. Pada perbesaran 40.000x, gambar yang dicitrakan agak buram namun terlihat bahwa terdapat pori yang persebarannya cukup merata dan jarak antar pori terlihat

rapat. Pori yang terbentuk berukuran sangat kecil (berkisar pada $0,05 \mu\text{m}$), namun masih terdapat juga pori yang terlihat besar. Hal ini dapat terjadi karena pori yang terbentuk terputus-putus dan kemudian menyambung. Batas-batas pori yang putus disebabkan ketika pembuatan membran masih berupa suspensi busa basah, batas-batas tersebut terdorong akibat ekspansi termal sehingga ikatannya putus. Struktur yang terbentuk terlihat disini tidak beraturan.

Dari ketiga membran keramik yang dibuat terlihat bahwa telah terjadi pembentukan pori. Pori tersebut memiliki sebaran yang cukup merata namun dengan ukuran berbeda-beda, ada yang terlihat sangat kecil dan ada pula yang cukup besar. Hal ini menunjukkan bahwa proses *direct foaming* telah terjadi dengan sempurna. Selain itu membran keramik yang telah dibuat mempunyai sifat mekanik yang baik terbukti dengan tidak mudahnya membran keramik tersebut rontok atau terkikis.

3.3. Karakteristik material membran menggunakan FTIR

Karakterisasi material membran menggunakan FTIR, menghasilkan grafik seperti pada Gambar 7. Dari sumber rujukan *Principle of Instrumental Analysis* (Skoog, Holler, Nieman, 1998) dan website www.spec-online.de bisa didapatkan data gugus fungsi dari puncak-puncak grafik tersebut.



Gambar 7. Hasil pengujian FTIR

Hasilnya menunjukkan bahwa terdapat ikatan gugus O-H yang ditunjukkan oleh puncak pada panjang gelombang $3448,72 \text{ cm}^{-1}$. Gugus fungsi tersebut muncul akibat adanya penggunaan NaOH pada bahan-bahan pembuat sampel yang berfungsi sebagai aktivator campuran geopolimer. Terdapat juga gugus fungsi C-O pada sampel di panjang gelombang $1633,71 \text{ cm}^{-1}$ dan gugus C-H di panjang gelombang $1425,40 \text{ cm}^{-1}$. Gugus C-O dan C-H muncul dari senyawa organik yang terdapat pada karbon aktif yang dipakai. Gugus tersebut bersifat polar sehingga akan mudah menarik adsorbat (zat yang diadsorpsi) yang juga bersifat polar. Kemudian muncul gugus Si-O pada tiga puncak, yaitu di panjang gelombang $1031,92 \text{ cm}^{-1}$; $875,68 \text{ cm}^{-1}$ dan $711,73 \text{ cm}^{-1}$. Munculnya gugus fungsi tersebut mengindikasikan penggunaan metakaolin dan silica fume sebagai bahan baku pembuat sampel. Dua bahan baku tersebut memiliki kandungan

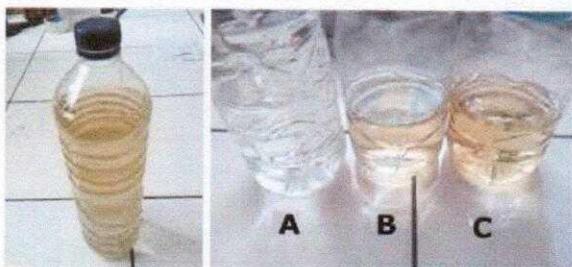
SiO₂ yang besar. Terakhir, pada panjang gelombang 549,71 cm⁻¹ dan 451,34 cm⁻¹ terdapat ikatan Si-O-Si dan Si-O-Al yang menunjukkan bahwa proses geopolimerisasi yang dilakukan telah berhasil dengan baik.

3.4. Karakteristik Air Hasil Filtrasi Membran

Sebagai air *input* pada pengujian ini digunakan air dengan kualitas yang buruk yang didapatkan dari air tanah yang berasal dari daerah selatan kota Bandung. Air tanah ini bila dilihat secara kasat mata memiliki warna kuning kecoklatan, tampak beberapa mikroorganisme hidup yang bergerak dan kotoran-kotoran makro lain yang mengendap.

Air *input* dilewatkan pada ketiga membran yang telah dibuat dan kemudian kualitas air hasil filtrasinya dibandingkan terhadap *input* dan baku mutu air bersih. Secara kasat mata, air baku dan air olahan dapat dilihat pada Gambar 8.

Air olahan yang didapatkan dari proses filtrasi ketiga membran menunjukkan hasil yang lebih jernih dibandingkan air *input*-nya. Untuk mendapatkan data pengujian yang akurat dilakukan analisis laboratorium agar diketahui tingkat kandungan polutan pada masing-masing air *input* maupun air olahan mengacu pada standar Baku Mutu



Gambar 8. Air baku dan Air olahan dari membran A, B, dan C

Dari analisis laboratorium pengujian secara fisika dan kimia didapatkan perbandingan untuk masing-masing parameter seperti terlihat pada Tabel 1 berikut:

Tabel 1. Hasil uji parameter fisika

No	Parameter Analisis Fisika	Baku Mutu	Air Input	Air olahan dari membran		
				A	B	C
1	Bau	-	Tidak berbau	Tidak berbau	Tidak berbau	Tidak berbau
2	TDS (mg/L)	500	910	795	880	495
3	Kekeruhan (NTU)	5	360	5,69	14,9	14,8
4	Rasa	-	Berasa	Tidak berasa	Tidak berasa	Tidak berasa
5	Temperatur (C)	22-28	25,5	26,1	25,5	26,1
6	Warna (Pt.Co)	15	25	10	75	200
7	Daya Hantar Listrik (uS/cm)	-	1300	1138	1257	708

Tabel 1 menunjukkan perbandingan parameter fisika air input dan air olahan dibandingkan dengan nilai baku mutunya untuk bau, TDS (*Total Dissolved Solid*), kekeruhan, rasa, temperatur, warna, dan daya hantar listrik. Kolom baku mutu menunjukkan nilai batas maksimal yang diperbolehkan sehingga dianggap layak untuk digunakan sebagai air bersih.

Hasil uji kualitas air minum parameter fisika menunjukkan bahwa pada parameter bau, baik air *input* ataupun air setelah proses filtrasi dari ketiga membran menunjukkan tidak berbau. Pada parameter TDS, yang merepresentasikan padatan yang tersuspensi pada air menunjukkan bahwa terjadi penurunan. Nilai TDS air baku yang sebesar 910 mg/L menjadi 795 mg/L pada membran A, 880 mg/L pada membran B, 495 mg/L pada membran C. Terlihat hanya membran C yang memenuhi baku mutu air bersih. Meskipun sudah mengalami

penurunan nilai TDS air olahan pada membran A dan membran B belum memenuhi baku mutu air bersih, yakni sebesar 500 mg/L.

Nilai kekeruhan air input menunjukkan angka yang cukup besar yaitu 360 NTU. Air olahan hasil filtrasi ketiga membran menunjukkan penurunan yang sangat signifikan walaupun ketiganya belum mencapai angka baku mutu yaitu 5 NTU. Nilai kekeruhan air olahan pada membran A menunjukkan angka sedikit lebih besar di atas ambang baku mutu yaitu 5,69 NTU, sedangkan membran B 14,9 NTU dan membran C 14,8 NTU.

Untuk parameter rasa pada air input adalah berasa. Setelah dilakukan proses filtrasi, hasil air olahan dari membran A, B, dan C menjadi tidak berasa. Hal ini menunjukkan bahwa semua membrane mempunyai kinerja yang sangat baik dalam hal menghilangkan rasa.

Untuk parameter temperatur, air input dan air hasil filtrasi semua membran berada pada rentang baku mutu yaitu 22-28°C. Parameter daya hantar listrik juga memperlihatkan penurunan, terutama membran C yang penurunannya sangat signifikan yaitu dari 1300 uS/cm menjadi 708 uS/cm. Sedangkan pada membran A dan membran B berturut-turut 1138 uS/cm dan 1257 uS/cm.

Anomali terjadi pada parameter warna. Baku mutu air minum mensyaratkan nilai maksimal parameter warna adalah 15 Pt.Co. Air input menunjukkan nilai 25 Pt.Co. Dari hasil filtrasi ketiga membran, hanya membran A yang mengalami penurunan memenuhi baku mutu air bersih dengan nilai 10 Pt.Co.

Sedangkan air olahan dari membran B bernilai 75 Pt.Co dan air olahan dari membran C bernilai 200 Pt.Co, lebih besar dari nilai air inputnya.

Dari parameter fisika yang telah disebutkan, semua parameter menunjukkan adanya penurunan yang signifikan kecuali parameter warna pada membran B dan C yang meningkat. Mengenai nilai parameter warna yang menjadi naik dari harga air inputnya akan dibahas pada pembahasan berikutnya mengenai parameter kimia.

Tabel 2. Hasil uji parameter kimia

No	Parameter Analisis Kimia	Baku Mutu	Air Input	Hasil air olahan oleh membran		
				A	B	C
1	Besi /Fe (mg/L)	0,3	53,9	0,085	0,582	0,997
2	Mangan/Mn (mg/L)	0,4	3,6	0,648	0,3	<0,02
3	Klorida/Cl (mg/L)	250	56,1	39,4	48	31,1
4	Fluorida/F (mg/L)	1,5	0,184	0,434	0,173	0,295
5	Kesadahan/CaCO ₃ (mg/L)	500	62,6	52,5	25,3	76,8
6	Sulfat/SO ₄ (mg/L)	250	36,2	26	28,4	6
7	Zat Organik/KMnO ₄ (mg/L)	10	88,5	11,89	38,6	18,30
8	Natrium/Na (mg/L)	200	224	223	218	110
9	Nitrat/NO ₃ (mg/L)	50	13,8	9,68	1,02	9,64
10	Nitrit/NO ₂ (mg/L)	3	0,019	0,168	0,040	0,006
11	pH	..	8,64	8,77	9,19	8,31
12	Kalium/K (mg/L)	-	68,2	19,8	50,7	9,25
13	CO ₂ agresif (mg/L)	-	0	0	0	0
14	Kelindian pp (mg/L Ca)	-	21	63	79,8	21
15	Kelindian mo (mg/L Ca)	-	584	506	529	294
16	Daya pengikat chlor (mg/L)	-	0,56	0,56	0,56	0,56

Ada 16 parameter kimia yang digunakan untuk kualitas air bersih. Parameter Fe, baku mutu mensyaratkan nilai sebesar 0,3 mg/L. Nilai kandungan Fe air *input* sangat besar yaitu 53,9 mg/L. Setelah dilakukan proses filtrasi, membran A, B dan C berhasil menurunkan kadar

kandungan Fe secara signifikan yaitu menjadi 0,085 mg/L, 0,582 mg/L dan 0,997 mg/L, namun yang memenuhi baku mutu air bersih hanya pada hasil air olahan membran A. Parameter Mn juga menunjukkan penurunan nilai yang signifikan, dibandingkan air inputnya, yaitu dari nilai 3,6 mg/L menjadi berturut-turut untuk membran A, B dan C yaitu 0,648 mg/L, 0,3 mg/L, dan <0,02 mg/L. Dari ketiga membran tersebut yang memenuhi nilai baku mutu (0,4 mg/L) adalah hasil air olahan dari membran B dan C. Parameter kadar besi dan mangan adalah dua hal yang paling banyak terdapat pada kandungan air tanah daerah tersebut.

Untuk parameter kadar klorida, fluorida, CaCO_3 dan sulfat, kualitas air input sudah menunjukkan nilai di bawah ambang baku mutu. Untuk kadar klorida pada air input mempunyai nilai 56,1 mg/L. Nilai ini di bawah nilai baku mutu yaitu 250 mg/L. Setelah dilakukan proses filtrasi, air olahan pada ketiga membran menunjukkan penurunan nilai kadar klorida menjadi masing-masing 39,4 mg/L untuk membran A, 48 mg/L untuk membran B, dan 31,1 mg/L untuk membran C. Untuk parameter fluorida nilai air input menunjukkan angka 0,184 mg/L di bawah nilai standar baku mutu yaitu 1,5 mg/L. Air olahan hasil filtrasi membran B menunjukkan penurunan menjadi 0,173 mg/L. Namun anomali terjadi dengan peningkatan nilai kadar fluorida pada membran A dan C yang naik menjadi 0,434 mg/L dan 0,295 mg/L. Hal yang sama terjadi pada parameter CaCO_3 . Nilai air inputnya lebih rendah daripada harga nilai air olahan hasil filtrasi membran C

yaitu 62,6 mg/L menjadi 76,8 mg/L. Untuk parameter kesadahan, terjadi penurunan nilai air olahan pada semua membran. Nilai parameter kesadahan pada air input 62,6 mg/L, turun setelah diolah oleh membran A, B dan C menjadi masing-masing 52,5 mg/L dan 25,3 mg/L dan 76,8 mg/L. semuanya dibawah nilai ambang baku mutu air bersih.

Untuk parameter kadar sulfat, harga nilai air inputnya 36,2 mg/L jauh di bawah nilai baku mutu maksimal yaitu 250 mg/L. terjadi juga penurunan nilai parameter ini pada hasil air olahan yang dilakukan oleh semua membran.

Pada parameter kadar KMnO_4 , nilai standar baku mutunya yaitu 10 mg/L. Air input menunjukkan harga 88,5 mg/L. Setelah dilakukan proses filtrasi air hasil olahan membran A menjadi 11,89 mg/L, membran B 38,6 mg/L dan membran C 18,30 mg/L. Nilai hasil air olahan dari ketiga membran ini tidak ada yang memenuhi baku mutu air minum. Hasil yang diperoleh oleh membran A yang paling mendekati dengan selisih hanya 1,89 mg/L (harga air membran A 11,89 mg/L).

Untuk parameter kalium tidak ada nilai standar ambang baku mutu yang diberikan. Harga air inputnya sebesar 68,2 mg/L dan hasil filtrasinya 19,8 mg/L; 50,7 mg/L; 9,25 mg/L masing-masing untuk membran A, B dan C.

Untuk parameter ion alkali yaitu natrium, standar ambang baku mutunya adalah 200 mg/L. Air input menunjukkan harga 224 mg/L dan hasil filtrasinya menjadi 223 mg/L untuk membran A, 218 mg/L untuk membran B, dan 110 mg/L untuk membran C. Banyaknya kandungan

kalium dan natrium menunjukkan tingkat kebasaan dari larutan. Hal tersebut berpengaruh terhadap hasil parameter pH, kelindian pp dan kelindian mo. Kurangnya kadar natrium dan kalium pada membran C membuat hasil air olahan membran C memiliki pH yang ada pada rentang standar baku mutu yaitu 8,31 dibanding membran A (8,77) dan membran B (9,19). Begitu juga harga kelindian pp dan mo yang menjadi indikator basa menunjukkan harga air membran C yang paling kecil.

Pengujian ini menunjukkan bahwa masing-masing sampel membran keramik yang dibuat mampu menurunkan kadar kontaminan pada air *input* dengan masing-masing sampel membran memiliki kemampuan filtrasi yang berbeda-beda pada tiap parameter. Sehingga apabila dibandingkan diantara ketiga sampel tersebut tidak terdapat kecenderungan hasil yang linier antara pengurangan kadar kontaminan terhadap komposisi campuran *silica fume* dan karbon aktif.

Warna kekuningan yang muncul pada air hasil olahan membran B dan C merupakan fenomena yang menarik. Parameter yang diukur menunjukkan tidak ada kadar yang dapat menjelaskan munculnya warna kuning ini. Pada prakteknya di lapangan, warna kuning keruh pada air biasanya muncul akibat adanya kadar besi dan mangan yang banyak. Namun kadar besi dan mangan pada hasil air olahan membran menunjukkan kadar yang rendah sehingga bukan merupakan penyebab munculnya warna kuning. Warna kekuningan ini hanya muncul pada air hasil membran B dan C, sedangkan pada membran A tidak muncul. Hal demikian menunjukkan bahwa

fenomena tersebut berhubungan dengan adanya campuran bahan karbon aktif pada bahan baku membran. Berdasarkan percobaan yang sudah dilakukan, warna kekuningan tersebut tidaklah permanen. Warna ini semakin berkurang seiring berjalannya waktu proses pengolahan air dan pengulangan proses pencucian membran.

Dari ketiga membran yang telah dibuat, membran A dan membran C dapat mengolah air lebih baik dibanding membran B mendekati standar baku mutu air bersih. Membran A mempunyai kemampuan mengolah air yang baik dalam hal menurunkan parameter (kekeruhan, warna, besi, zat organik dan CaCO_3), sedangkan pada parameter lain seperti (mangan, klorida, sulfat, natrium, pH dan TDS), membran C mempunyai kemampuan mengolah lebih baik.

IV. KESIMPULAN

Telah berhasil dilakukan pembuatan membran keramik berbahan *silica fume* dan karbon aktif menggunakan metode *direct foaming* dengan geopolimer sebagai *binding agent*. Membran yang dihasilkan berupa material berpori asimetris untuk aplikasikan sebagai filter pengolah air bersih.

Air olahan yang dihasilkan dari proses filtrasi membran terbukti mampu menurunkan kadar kontaminan yang terdapat pada air baku mengacu pada standar Baku Mutu Air bersih No: 492/MENKES/PER/IV/2010. Komposisi optimal *silica fume* : karbon aktif sebesar 20:80 lebih baik kualitas

pengolahan airnya dibandingkan dengan komposisi 100:0 untuk parameter TDS, mangan, klorida, sulfat, zat organik, natrium, nitrit dan pH. Sedangkan untuk parameter nitrat, CaCO_3 dan fluorida sebaliknya.

DAFTAR PUSTAKA

1. Ambang Baku Mutu Air bersih PERMENKES No: 492/MENKES/PER/IV/2010.
2. E. DimitPolymriou and M. Petralia, *Ceramic_and_er Matrix Composites*, by Nova Science Publishers, Inc. (2010).
3. Peter A. Ciullo, *Uses Industrial Minerals And Their*. Noyes PublicationPublisher, (1996).
4. Andrzej M. Brandt , *Cement-Based Composites, Materials, mechanical properties and performance*, Second Edition, Taylor & Francis Publisher, pp.47-78, (2009).
5. M. Asadullah, M.A.Rahman, M.A. Motin and M.B. Sultan, Adsorption Studies on Activated Carbon Derived from Steam Activation of Jute Stick Char, *journal Surface science Technology*, 23 1-273-80, (2007).
6. Cameron Carbon Incorporated, Activated Carbon Manufacture, Structure & Properties, www. Cameron Carbon.com, (2006).