

## PEMBUATAN DAN KARAKTERISASI MEMBRAN KERAMIK DENGAN VARIASI TEPUNG BERAS SEBAGAI ADITIF UNTUK PROSES MIKROFILTRASI

### *Preparation and Characterization of Ceramic Membrane with Variations of Rice Flour as Aditive for Microfiltration*

Iman Rahayu

Departemen Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Universitas Padjadjaran  
Jalan Raya Bandung Sumedang Km. 21 Jatinangor  
Email: iman.rahayu@unpad.ac.id

### ABSTRAK

Membran keramik merupakan membran sintetik dan bagian dari membran anorganik. Aplikasi mengenai membran ini telah banyak dikembangkan, seperti untuk proses pemisahan gas dan juga pada proses mikrofiltrasi yang digunakan untuk proses penjernihan air. Bahan-bahan yang digunakan untuk proses pembuatan membran keramik adalah kaolin, tanah liat, felspar, pasir kuarsa dan tepung beras yang digunakan sebagai zat pembentuk pori dengan variasi tiga komposisi. Proses pembuatan keramik menggunakan proses cetak tekan dengan suhu pembakaran sampai 1300°C selama 9 jam. Nilai fluks yang dihasilkan dari membran M<sub>25%</sub>, M<sub>35%</sub> dan M<sub>45%</sub> adalah 2440-2520 L/atm.jam.m<sup>2</sup>, 1680-1760 L/atm.jam.m<sup>2</sup>, dan 3660 L/atm.jam.m<sup>2</sup>. Membran M<sub>45%</sub> memiliki nilai fluks yang lebih besar dari membran yang lainnya. Semakin banyak bahan pembentuk pori yang digunakan, semakin banyak pori yang terbentuk. Hasil dari uji kuat lentur untuk membran M<sub>45%</sub> cukup rapuh tapi masih dapat digunakan dengan tekanan 0,5 atm. Struktur dari pori membran dilihat dengan menggunakan SEM, diperoleh pori-pori yang tidak teratur dengan ukuran pori sekitar 5 µm.

**Kata Kunci:** Membran, keramik, tepung beras, aditif, mikrofiltrasi

### ABSTRACT

*Ceramic membrane is a synthetic membrane and a part of inorganic membrane. The applications of this membrane has widely been developed, used in the gas separation and for microfiltration is usually used for the water purification processes. The material powders used to make ceramic membranes are kaolin, ball clay, feldspar, quartz and rice flour which is used as pore forming substance with three compositions. The preparation of ceramic membranes uses the dry pressing process with firing temperature until 1300°C for 9 hours. The flux values that is resulted for M<sub>25%</sub>, M<sub>35%</sub> and M<sub>45%</sub> membrane were 2440-2520 L/atm.h.m<sup>2</sup>, 1680-1760 L/atm.h.m<sup>2</sup> and 3660 L/atm.h.m<sup>2</sup>. M<sub>45%</sub> has greater flux value than the others. If more additive was added in the composition, more the pore of membrane was formed too. From the result of tensile strength test, known that M<sub>45%</sub> membrane was fragille but it was strong enough to used with pressure 0,5 atm. Pore membrane structure was observed by SEM. As a result, the membranes had irregular pores with the pore size about 5 µm.*

**Keywords:** Membrane, ceramic, rice flour, additive, microfiltration

### PENDAHULUAN

Beberapa tahun terakhir ini, keberadaan membran sangatlah penting bagi

kehidupan manusia, baik itu membran alami maupun membran sintetik. Aplikasi dari teknologi membran ini banyak digunakan

dalam bidang industri, seperti pada pengolahan air laut menjadi air minum, pemekatan pada minuman, sampai pencucian darah. Membran sintetik merupakan membran yang paling banyak digunakan. Contoh membran sintetik sendiri, salah satunya adalah membran keramik (Boley *et al.*, 2010; Wenten, 2000).

Membran keramik termasuk ke dalam membran anorganik, yang memiliki keuntungan bila dibandingkan dengan membran lainnya, seperti membran polimer dan membran cair. Keuntungannya adalah membran keramik memiliki ketahanan terhadap panas, asam dan basa. Bahan baku membran keramik antara lain tanah liat, kuarsa dan alumina. Sedangkan bahan pembentuk pori selain bahan-bahan anorganik seperti karbon dan kalsium karbonat, juga bahan-bahan organik seperti tepung beras, kentang dan jagung (Manohar, 2012).

Pada prinsipnya bahan-bahan pembentuk pori adalah bahan-bahan yang mudah terbakar habis pada saat proses pembakaran. Berdasarkan studi yang pernah dilakukan oleh beberapa peneliti, maka pada penelitian ini akan digunakan tepung beras sebagai bahan pembentuk pori. Proses pembuatan membran keramik ini melalui cara cetak tekan. Pembuatan membran dengan cara ini memerlukan kondisi campuran dari bahan-bahan pembentuk membran yang sedikit basah atau hanya mengandung sedikit air. Penggunaan keramik sendiri sebagai membran telah dikembangkan untuk

proses mikrofiltrasi, ultrafiltrasi dan penyaringan gas (Ciora *et al.*, 2003).

## **METODE PENELITIAN**

### **Pembuatan Membran Keramik**

Bahan-bahan yang digunakan untuk pembuatan membran keramik seperti kaolin, felspar, tanah liat dan pasir kuarsa digerus halus dengan menggunakan mortar dan stamper. Setelah halus, bahan-bahan tersebut disaring dengan saringan yang berukuran 200 mesh. Penyaringan disini bertujuan agar ukuran dari butir bahan-bahan keramik tersebut merupakan campuran homogen, sehingga tidak mengganggu hasil atau proses selanjutnya.

Setelah bahan-bahan tersebut disaring, kemudian dikomposisikan menjadi masing-masing (w/w) 50% kaolin, 15% felspar, 25% pasir kuarsa dan 10% tanah liat. Kemudian ditambahkan tepung beras sebagai aditif yang digunakan untuk membentuk pori membran, dengan komposisi masing-masing (w/w) 25%, 35%, dan 45%.

Bahan-bahan yang telah dicampur ditimbang sebanyak 180 gram kemudian ditambahkan air. Penambahan air dilakukan agar bahan-bahan pembentuk keramik dapat bercampur secara homogen atau tercampur secara merata. Air yang ditambahkan harus sesedikit mungkin, untuk menghindari banyaknya molekul air yang terkandung dalam campuran bahan-bahan keramik tersebut. Bahan-bahan yang telah homogen tersebut ditimbang sebanyak 70 gram kemudian dicetak dengan alat cetak tekan,

*Hydraulic Press* NSP-5, dengan tekanan sebesar  $200 \text{ kg/cm}^2$  menjadi membran keramik. Setelah pencetakan kemudian membran keramik dikeringkan.

### **Pembakaran Membran Keramik**

Pembakaran dalam proses pembuatan keramik adalah proses paling kritis dan juga sebagai proses terakhir dari pembuatan barang-barang keramik. Bila barang-barang keramik rusak/pecah dalam pembakaran maka barang-barang tersebut tidak dapat diperbaiki lagi atau tidak dapat dipergunakan lagi. Kesalahan yang terjadi pada proses sebelumnya tidak terlihat maka setelah barang-barang dibakar kesalahan-kesalahan tersebut akan muncul.

Pembakaran di dalam tungku berlangsung secara oksidasi yaitu pembakaran dengan menggunakan banyak oksigen sehingga nyala api di dalam tungku akan tetap terang selama proses pembakaran berlangsung. Ada juga pembakaran reduksi yaitu pembakaran berlangsung dalam suasana jumlah oksigen yang kurang atau sama sekali tidak ada oksigen dengan api dalam tungku. Nyala api pada pembakaran reduksi akan merah dan berasap sehingga suasananya suram, sedangkan nyala api pada pembakaran oksidasi akan terang dan tidak berasap. Pada penelitian ini proses pembakaran dilakukan dengan menggunakan tungku gas. Pada awal pembakaran berlangsung pembakaran reduksi, kemudian dilanjutkan dengan pembakaran oksidasi. Membran keramik disusun dalam tanur yang berbentuk

silinder atau tabung. Suhu dalam tanur diukur dengan menggunakan bahan yang dapat melebur pada waktu pembakaran yang disebut pancang suhu (*pyrometric cone*).

Membran keramik yang didapatkan kemudian diuji permeabilitas dan porositasnya terhadap air. Selain itu diukur pori dan distribusi porinya dengan *Scanning Electron Microscope* (SEM). Uji selanjutnya menggunakan alat uji kuat lentur untuk membran keramik.

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

### **Karakterisasi Membran Keramik**

#### **Nilai susut bakar**

Pada penelitian ini, proses pembakaran membran keramik menggunakan tungku gas dengan suhu  $1300^\circ\text{C}$  selama 9 jam. Pengukuran suhu dilakukan dengan pirometer yang terdiri dari termokopel dan milivoltmeter dan juga dengan menggunakan pancang suhu yaitu dengan menggunakan bahan yang dapat melebur pada waktu pembakaran (*pyrometric cone*).

Pembakaran sendiri dibagi menjadi 3 tahap, tahap pertama adalah penghilangan uap air. Pada tahap ini pembakaran dilakukan perlahan-lahan dengan tujuan agar uap air dapat menguap, setelah uap air habis maka mulai pembakaran zat-zat organik pada badan keramik tersebut. Tahap kedua adalah bahan baku keramik mengalami kontak antar partikelnya yang menyebabkan terjadinya tegangan antar muka yang mengakibatkan badan keramik mengembang. Tahap yang terakhir adalah

pendinginan, setelah pembakaran dihentikan, tungku dibiarkan dingin dengan sendirinya. Jadi tungku dibiarkan tertutup sampai membran keramik dapat diambil dari tungku dengan tangan.

Hasil pengukuran diameter membran setelah pembakaran menunjukkan adanya penyusutan ukuran membran. Hasil perhitungan nilai susut bakar membran dapat dilihat pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Nilai susut bakar pada masing-masing komposisi membran keramik yang dibakar pada suhu 1300°C.

Membran	Komposisi Tepung Beras	Diameter membran			Nilai susut bakar (%)	Rata-rata
		Awal (cm)	Akhir (cm)	Selisih (cm)		
I	25%	10,10	9,56	0,54	5,35	4,81
			9,67	0,43	4,26	
II	35%	10,10	8,95	1,15	11,39	10,95
			9,04	1,06	10,50	
III	45%	10,10	9,48	0,62	6,14	7,78
			9,15	0,95	9,41	

Berdasarkan Tabel 1 tersebut, dapat dilihat bahwa nilai susut bakar dari membran I adalah sekitar 5%, sedangkan untuk membran II adalah sekitar 11% dan membran III adalah sekitar 8%. Penyusutan ini terjadi karena bahan-bahan pembentuk badan keramik mengalami perubahan bentuk padatan menjadi leburan pada saat proses pembakaran dan juga menguapnya molekul air pembentuk dan air hidrat dari bahan-bahan pembentuk badan membran, dengan kata lain terjadi dehidrasi.

### Uji porositas

Uji porositas dari membran keramik dilakukan untuk mengetahui terbentuknya pori atau tidaknya membran keramik yang terbentuk. Uji ini dilakukan dengan merendam membran keramik di dalam air yang mendidih, kemudian beratnya ditimbang. Hasil dari uji porositas masing-masing membran keramik dapat dilihat pada Tabel 2.

**Tabel 2.** Hasil uji porositas pada masing-masing komposisi dari membran keramik

Membran	Komposisi Tepung Beras	Berat membrane			Porositas (%)	Rata-rata
		Kering (gram)	Basah (gram)	Selisih (gram)		
I	25%	42,69	60,99	18,30	42,87	42,93
			61,04	18,35	42,98	
		42,65	60,92	18,27	42,84	42,30
			60,46	17,81	41,76	
II	35%	39,14	53,19	14,05	35,90	35,80
			53,10	13,97	35,69	
		39,07	52,75	13,69	35,04	34,65
			52,44	13,38	34,25	
III	45%	37,21	55,40	18,19	48,88	47,86
			54,64	17,43	46,84	
		36,94	56,23	19,29	52,22	53,09
			56,87	19,93	53,95	

Dilihat dari Tabel 2, untuk membran keramik dengan komposisi 25% memiliki porositas sekitar 42-43% yang berarti memiliki porositas yang cukup baik, sedangkan membran keramik dengan komposisi 35% memiliki porositas sekitar 35-36% dan membran keramik dengan komposisi aditif 45% memiliki porositas sekitar 48-53%. Secara teori, semakin besar komposisi aditif yang ditambahkan untuk membentuk pori maka porositasnya akan semakin besar. Jadi, seharusnya porositas membran keramik tersebut berurutan membran I memiliki porositas lebih kecil daripada membran II dan membran III memiliki porositas lebih besar daripada membran II (membran I < membran II < membran III).

Disini terjadi penyimpangan dimana harga porositas dari membran keramik dengan komposisi aditif 35% memiliki harga porositas lebih rendah bila dibandingkan dengan membran keramik dengan komposisi aditif 25%. Hal ini dapat dijelaskan karena

membran II memiliki pori yang lebih rapat dibandingkan dengan membran I. Pori yang rapat dapat disebabkan pada saat proses pembakaran. Pada proses pembakaran tersebut, suhu pada tungku pembakaran tidak merata sehingga terjadi proses *sintering* yang berbeda. Posisi penempatan pada tungku pembakaran dapat berpengaruh pada kematangan membran, semakin bawah membran keramik tersebut ditempatkan, maka makin lama juga pemanasan pada suhu yang tinggi, sehingga proses *sintering* akan mudah terjadi dan tentu saja dapat memperkecil ukuran pori.

#### Uji kuat lentur

Uji kuat lentur dilakukan untuk mengetahui kekuatan dari membran keramik yang dihasilkan terhadap tekanan yang diberikan. Membran keramik dibentuk menjadi persegi panjang dengan ukuran panjang sekitar 5 cm dan lebar sekitar 2 cm. Hasil uji kuat lentur pada masing-masing komposisi untuk membran keramik dapat dilihat pada Tabel 3.

**Tabel 3.** Hasil uji kuat lentur untuk membran keramik pada masing-masing komposisi

Membran	Komposisi Tepung Beras	Jarak penumpu (cm)	Berat (kg)	Ukuran membran		Kuat lentur (kg/cm <sup>2</sup> )
				Lebar (cm)	Tebal (cm)	
I	25%	5	7,75	2,21	0,54	90,20
		5	7,50	2,23	0,55	83,38
II	35%	5	7,00	2,06	0,51	97,98
		5	5,50	2,15	0,53	68,31
III	45%	5	4,50	2,19	0,55	50,94

Hasil uji kuat lentur dari tabel menunjukkan bahwa membran keramik dengan komposisi aditif 35% memiliki kuat lentur yang paling besar yaitu 97,98 kg/cm<sup>2</sup>,

sedangkan membran dengan komposisi aditif 25% dan 45% masing-masing memiliki kuat lentur 83-90 kg/cm<sup>2</sup> dan 51-68 kg/cm<sup>2</sup>. Secara teori, kuat lentur yang dihasilkan

seharusnya membran I memiliki kuat lentur yang lebih besar bila dibandingkan dengan membran II dan membran III, sedangkan membran II memiliki kuat lentur yang lebih besar dibandingkan dengan membran III. Kuat lentur berbanding terbalik dengan penambahan aditif, semakin besar penambahan aditif maka kuat lentur akan semakin berkurang karena membran akan semakin rapuh karena banyaknya pori yang terbentuk. Membran II memiliki kuat lentur yang lebih besar daripada membran I, karena terjadinya proses *sintering* yang terjadi pada membran II, sehingga membentuk membran keramik yang cukup kuat.

#### Uji permeabilitas

Permeabilitas dan permselektivitas merupakan parameter yang penting untuk

mengetahui efisiensi pemisahan membran. Parameter ini dipengaruhi oleh komposisi membran, struktur, distribusi dan ukuran pori. Pada penelitian ini tidak dilakukan uji permselektivitas. Permeabilitas adalah laju alir yang menunjukkan banyaknya air yang pindah melalui membran dengan bantuan gaya pendorong yaitu tekanan. Gaya pendorong sendiri dapat berupa perbedaan tekanan, perbedaan konsentrasi dan perbedaan suhu.

Uji permeabilitas membran dilakukan terhadap air suling dengan memberikan tekanan sebesar 0,5 atm. Volume air yang keluar ditampung dengan menggunakan gelas ukur dan ditampung setiap menitnya. Pengukuran dilakukan sampai diperoleh nilai fluks yang konstan.

**Tabel 4.** Hasil uji permeabilitas untuk masing-masing komposisi membran keramik yang dihasilkan

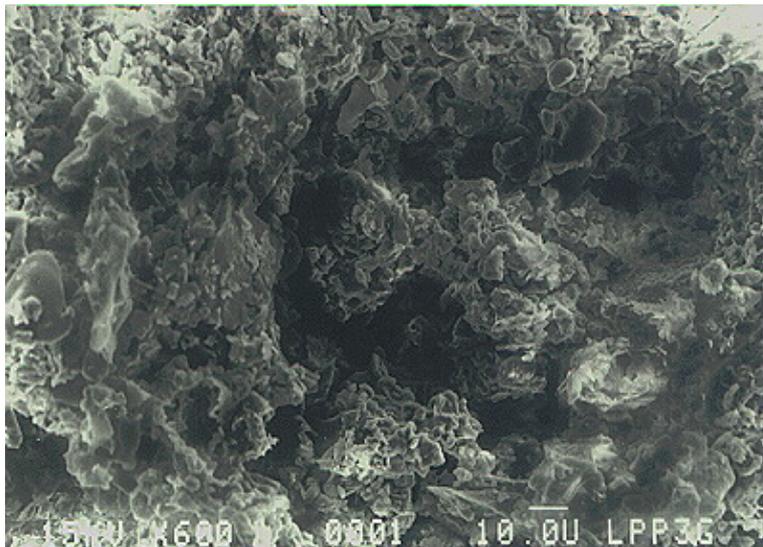
Membran	Luas permukaan $\times 10^{-4} \text{ (m}^2\text{)}$	Tekanan (atm)	Waktu $\times 10^{-2}$ (jam)	Volume $\times 10^{-3}$ (L)	Permeabilitas $\times 10^3$ (L/atm.jam.m <sup>2</sup> )
M <sub>25%</sub>	7,85	0,50	1,67	16,00	2,44
	7,85	0,50	1,67	16,00	2,44
	7,85	0,50	1,67	16,50	2,52
M <sub>35%</sub>	7,85	0,50	1,67	11,00	1,68
	7,85	0,50	1,67	11,00	1,68
	7,85	0,50	1,67	11,50	1,76
M <sub>45%</sub>	7,85	0,50	1,67	24,00	3,66
	7,85	0,50	1,67	24,00	3,66
	7,85	0,50	1,67	24,00	3,66

Berdasarkan Tabel 4, masing-masing membran dengan komposisi aditif 25% memiliki laju alir atau fluks sebesar 2440-2520 L/atm.jam.m<sup>2</sup>, untuk membran keramik dengan komposisi aditif 35% memiliki laju alir 1680-1760 L/atm.jam.m<sup>2</sup>, lebih kecil bila dibandingkan dengan membran dengan

komposisi aditif 25%. Hal ini telah dijelaskan sebelumnya bahwa membran dengan komposisi aditif 35% mengalami *sintering* pada saat proses pembakaran dalam tanur, yang berarti ukuran pori pada membran dengan komposisi aditif 35% telah mengalami pengecilan sehingga nilai fluks

juga berkurang. Proses *sintering* terjadi pada suhu yang tinggi sehingga ada kemungkinan suhu dalam tanur pembakaran tidak merata.

Pada membran keramik dengan komposisi aditif 45% memiliki laju alir yang lebih besar bila dibandingkan dengan membran yang lainnya yaitu sebesar 3660 L/atm.jam.m<sup>2</sup>. Berarti pada membran ini pori yang terbentuk banyak, hal ini dapat disebabkan karena penambahan aditif akan menyebabkan pori yang terbentuk semakin banyak pula. Terbentuknya pori disebabkan karena terbakarnya zat-zat organik termasuk tepung beras menjadi karbon dioksida.



**Gambar 1.** Foto SEM permukaan membran dengan komposisi (w/w) 50% kaolin, 25% pasir kuarsa, 10% tanah liat dan 15% felspar dengan komposisi aditif sebesar 45% yang diperbesar sampai 600 kali.

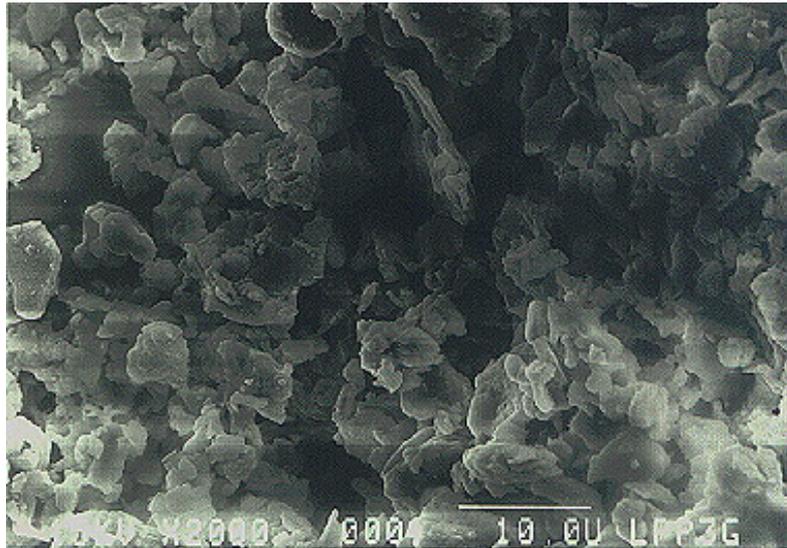
Walaupun rapuh, membran ini masih dapat digunakan untuk penyaringan dengan menggunakan tekanan yang rendah (sekitar 0,5 atm). Foto yang diambil dari membran dengan komposisi aditif 45% diperbesar 600

### **SEM (Scanning Electron Microscope)**

Penggunaan SEM dalam penelitian ini merupakan metode langsung dalam mengetahui karakteristik dari membran. Metode ini dapat digunakan untuk melihat morfologi membran yang meliputi struktur membran dan penampang lintang serta untuk mengetahui statistika pori yang meliputi distribusi pori dan ukuran pori.

Berdasarkan hasil foto SEM pada membran dengan komposisi aditif 45% dapat dilihat bahwa terdapat banyak pori pada membran tersebut yang tersebar secara acak. Banyaknya pori yang tersebar pada membran tersebut menyebabkan membran tersebut rapuh.

kali seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1 dan Gambar 2 menunjukkan foto membran keramik yang diperbesar 2000 kali. Ukuran pori dari membran keramik yang terbentuk adalah sekitar 5 µm.



**Gambar 2.** Foto SEM permukaan membran dengan komposisi (w/w) 50% kaolin, 25% pasir kuarsa, 10% tanah liat dan 15% felspar dengan komposisi aditif sebesar 45% yang diperbesar sampai 2000 kali

## KESIMPULAN

Dari hasil penelitian tentang membran keramik dapat diambil kesimpulan, sebagai berikut:

1. Membran dengan komposisi aditif 45% dengan komposisi badan keramik 50% kaolin, 25% pasir kuarsa, 10% tanah liat dan 15% (w/w) felspar memiliki permeabilitas yang tinggi sebesar  $3,66 \times 10^3$  L/atm.jam.m<sup>2</sup>, tetapi sangat rapuh dibuktikan dengan uji kuat lentur yang hanya 51-68 kg/cm<sup>2</sup> bila dibandingkan dengan membran yang lainnya. Walaupun rapuh membran masih dapat digunakan pada proses penyaringan dengan tekanan kurang dari satu atm.
2. Penggunaan tepung beras berpengaruh terhadap pembentukan pori membran, dengan bertambahnya konsentrasi tepung beras maka pori yang terbentuk semakin banyak yang berarti tepung

beras sangat baik sebagai bahan pembentuk pori.

3. Membran keramik yang dihasilkan termasuk membran asimetrik berdasarkan bentuknya, membran berpori berdasarkan struktur dan prinsip pemisahannya, serta membran mikropori untuk mikrofiltrasi berdasarkan ukuran pori dan fungsinya
4. Pori yang terbentuk pada membran tersebar secara acak dengan ukuran sekitar 5 μm dilihat dari foto SEM.

## DAFTAR PUSTAKA

- Agusta, I. 2002. *Pembuatan dan Karakteristik Membran Keramik untuk Mikrofiltrasi*. Skripsi. Universitas Padjadjaran, Bandung.
- Boley, K., Narasimhan, M. Kieninger, Muller, W.R. 2010. *Ceramic membrane ultrafiltration of natural surface water with ultrasound enhanced backwashing*, Water Science and Technology. **61**(5): 1121-1127.

- Ciora, R.J. & P.K.T. Liu. 2003. *Ceramic Membranes for Environmental Related Applications*, Fluid/Particle Separation Journal, **15**(1): 51 -60.
- Manohar, 2012. *Development and Characterization of Ceramic Membrane*, International Journal of Modern Engineering Research (IJMER). **2**: 1492-1506.
- Mulder, M. 1996. *Basic Principles of Membrane Technology*. Kluwer Academic Press. Dordrecht
- Wenten, I.G., & B. Kresnowati. 2000. *Development of Membrane Technology in Indonesia : Prospects and Challenges*. Institut Teknologi Bandung. Bandung.