

Pembuatan Membran Anorganik Campuran Zeolit Alam Dan Tanah Liat Dengan Penambahan Semen Portland Putih Dan PVA Menggunakan Metode Sintering

E.Elfiانا¹, Sariadi² Raudhatul Jannah³

Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Lhokseumawe

Email: elfiana@pnl.ac.id

Email: rojajannah1912@gmail.com

Abstrak—Material membran perlu dikembangkan untuk menghasilkan membran berkualitas, baik dalam kemampuan filtrasinya maupun stabilitas termal dan mekaniknya. Zeolit dan tanah lempung merupakan bahan anorganik berasal dari alam yang berpotensi sebagai material membran. Pembuatan membran menggunakan metode sintering dengan mencampurkan zeolit aktif dan tanah liat serta penambahan semen portland putih dan PVA sebagai perekat. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari pengaruh zeolit yang diaktifkan, pengaruh penambahan PVA, dan pengaruh suhu sintering terhadap kualitas membran anorganik yang dihasilkan. Material zeolit berukuran 100 mesh diaktifasi menggunakan larutan HCl 2M selama 2-3 jam. Komposisi material menggunakan variasi zeolit:tanah liat: semen portland:PVA pada M1=50%:25%:20%:5%; M2=25%:50%:20%:5%; M3=50%:25%:25%:0. Membran dicetak berbentuk hollow dengan dimensi 6,5 x 25 cm dengan ketebalan 1,75 cm. Hasil penelitian menunjukkan suhu sintering terbaik 700 C menghasilkan densitas membran 1,603 gr/cm³, porositas 42,90% dan ukuran pori membran diperoleh 1,2 um menggunakan uji SEM . Fluks terbesar adalah 910,2891 L/m².Jam pada tekanan 2 bar. Dapat disimpulkan campuran zeolit dan tanah liat membentuk membran mikrofiltrasi memenuhi standar acuan ukuran pori 0,1 µm-10µm.

Kata Kunci— Membran anorganik, PVA, SEM, semen portland putih, tanah liat, zeolit

Abstract—Membrane material needs to be developed to produce a quality membrane, both in its filtration capability and its thermal and mechanical stability. Zeolite and clay are inorganic materials derived from nature which have the potential as membrane material. Making membranes using the sintering method by mixing active zeolite and clay and adding white portland cement and PVA as adhesive. This study aims to study the effect of activated zeolite, the effect of adding PVA, and the effect of sintering temperature on the quality of the inorganic membrane produced. 100 mesh zeolite material was activated using 2M HCl solution for 2-3 hours. Material composition using zeolite variation: clay: portland cement: PVA at M1 = 50%: 25%: 20%: 5%; M2 = 25%: 50%: 20%: 5%; M3 = 50%: 25%: 25%: 0. The printed membrane is hollow with dimensions of 6.5 x 25 cm with a thickness 1.75 cm. The results showed the best sintering temperature of 700°C resulted in membrane density 1.603 gr/cm³, porosity of 42.90% and membrane pore size obtained 1.2 um using a SEM test. The biggest flux is 910,2891 L/m².hr at 2 bar pressure. It can be concluded that the mixture of zeolite and clay formed a microfiltration membrane to meet the pore size reference standard of 0.1-10µm.

Keywords— anorganic mbrane, cement white portland, clay, PVA, SEM, zeolite

I. PENDAHULUAN

Pada beberapa dekade belakangan, riset tentang teknologi membran telah banyak menarik perhatian para peneliti. Sejumlah aplikasi riset tentang itu kebanyakan mengenai mikro-filtrasi dan ultrafiltrasi sebagai sebuah teknologi yang penting pada proses kimia dan biokimia. Riset dari teknologi membran yang berkelanjutan dimaksudkan untuk meluaskan cakrawala dari membran untuk proses yang memakai temperatur tinggi dan ketersediaan ketahanan terhadap korosi untuk pengembangan membran keramik. Kegunaan dari teknologi membran adalah untuk menggantikan langkah pemisahan dan pemurnian pada industri yang akan mengurangi konsumsi energi dan menghasilkan produk yang diinginkan. Dibandingkan dengan membran organik, membran anorganik menawarkan beberapa keuntungan yaitu sifat termal yang baik, ketahanan kimia, dan sifat mekanik yang baik.

Proses pemisahan dengan membran memiliki kemampuan memindahkan salah satu komponen berdasarkan sifat fisik dan kimia dari membran serta komponen yang dipisahkan. Perpindahan yang terjadikarna adanya gaya dorong (*driving force*) dalam umpa yang berupa beda tekanan (ΔP), beda konsentrasi (ΔC), beda potensial listrik, dan beda temperatur serta selektifitas membran yang dinyatakan dengan rejeksi[1]. Teknologi membran memiliki banyak keunggulan.

Keunggulan tersebut yaitu pemisahan dengan membran tidak membutuhkan zat kimia tambahan dan juga kebutuhan energinya sangat minimum. Beberapa material membran terus dikembangkan untuk menghasilkan membran yang baik dalam proses fitrasi diantaranya membran anorganik[1]. Saat ini, aplikasi dari membran anorganik telah mengalami peningkatan yang pesat dikarenakan membran anorganik memiliki kemampuan yang baik dalam proses pemisahan serta stabilitas termal dan mekanik[2].

Material anorganik yang cukup berpotensi dalam aplikasi membran keramik salah satu contohnya adalah zeolit alam[3]. Zeolit alam telah digunakan secara luas karena memiliki karakteristik kimia dan fisika yang unik. Zeolit alam mempunyai struktur pori yang beragam, tahan terhadap panas dan kekuatan mekanisme serapannya yang baik, serta tahan terhadap lingkungan kimia yang ekstrim. Struktur pori zeolit yang berbeda-beda membuat zeolit banyak digunakan untuk pemisahan berbagai molekul kecil[4].

Lempung atau tanah liat merupakan partikel mineral berkerangka dasar silika yang berdiameter kurang dari 4 milimeter. Lempung mengandung lempuran silika atau aluminium yang halus. Unsur-unsur ini: silika, oksigen dan aluminium adalah unsur yang paling banyak menyusun kerak bumi. Lempung terbentuk oleh proses pelapukan batu silika oleh asam karbonat dan sebagian dihsilkan dari sebagian aktifitas panas bumi. Lempung membentuk gumpalan keras saat kering dan lengket apabila basah terkena air. Sifat ini

ditentukan oleh jenis mineral lempung yang mendominasinya. Mineral lempung digolongkan berdasarkan susunan lapisan oksida silikon dan oksida aluminium yang membentuk kristalnya[5].

Penelitian tentang pemanfaatan *fly ash* batu bara sebagai bahan membran pada unit pengolahan air gambut menunjukkan hasil yang diperoleh memenuhi standard persyaratan kualitas air bersih (Permenkes RI No 416/MEN/KES/PER/XI/1990), kecuali 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[6].

Penelitian tentang pengaruh suhu *sintering* terhadap densitas dan porositas pada membran keramik berpori berbasis zeolit, tanah lempung, arang batok kelapa, dan polivinyl alcohol (PVA) menunjukkan bahwa pembentukan pori dan kerapatan dari membran keramik dipengaruhi oleh temperatur *sintering*. Semakin tinggi temperatur sintering yang digunakan semakin rendah kerapatannya dari 0,853 gr/cm³ hingga 0,752 gr/cm³, dan semakin tinggi porositas dari 21,19% hingga 23,29%[7].

Dalam penelitian ini ingin mengetahui formula yang paling baik di campuran zeolit, tanah liat, semen portland dan penambahan PVA, membran keramik pada berbagai temperatur *sintering*. Hasil penelitian di harapkan dapat diketahui jenis membran yang dihasilkan berdasarkan uji morfologi melihat dengan *Scanning Elektron Microscope* (SEM) dan uji flux permeabilitas sehingga dapat dilanjutkan terhadap uji kualitas kinerja membran dalam pengolahan air.

II. METODOLOGI PENELITIAN

A. Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah zeolit, tanah liat, semen portland putih, PVA, larutan HCl 2M, aquades. Alat yang digunakan adalah SEM crussher, ayakan, oven, furnace, SEM, dan alat uji flux.

B. Persiapan penelitian

Zeolit terlebih dahulu dihancurkan hingga berukuran 100 mesh, kemudian zeolit direndam dengan larutan HCl 2M selama 2-3 jam untuk diaktifasi. Setelah direndam zeolit dibilas untuk dinetralisasi menggunakan akuades sampai pH air bilasan menjadi mentral (pH 7-8).

Pembentukan membran menggunakan komposisi seperti pada Tabel 1 dengan berat total campuran adalah 1000 gr.

TABEL I
VARIASI KOMPOSISI BAHAN MEMBRAN

Nama Sampel	Komposisi Bahan			
	Zeolit (%)	Tanah liat (%)	Semen Portland Putih (%)	PVA (%)
M ₁	50	25	20	5
M ₂	25	50	20	0
M ₃	50	25	25	0

Membran dicetak sesuai komposisi Tabel 1. Membran basah dikeringkan selama 3x24 jam pada sinar matahari, kemudian disintering dalam furnace pada variasi suhu 500°C,

600°C, dan 700°C selama 6 jam. Membran kering diuji karakteristik terhadap densitas, porositas, uji morfologi dengan SEM dan uji fluks.

III. HASIL DAN ANALISA

Hasil pengamatan yang diperoleh dari penelitian pembuatan membran anorganik campuran zeolit alam, tanah liat, semen portland putih dan PVA berdasarkan analisa karakteristik membran pada variasi komposisi yang telah ditetapkan ditampilkan pada tabel 2, 3 dan tabel 4.

TABEL II
HASIL UJI KARAKTERISTIK MEMBRAN BERDASARKAN NILAI DENSITAS

No	Nama Sampel	Komposisi (%) (Z:TL:SP:PVA)	Suhu (°C)	Densitas (gr/m ³)
1	M ₁	50 : 25 : 20 : 5	500	1,585
2	M ₂	25 : 50 : 20 : 5		1,443
3	M ₃	50 : 25 : 25 : 0		1,603
4	M ₁	50 : 25 : 20 : 5	600	1,419
5	M ₂	25 : 50 : 20 : 5		1,226
6	M ₃	50 : 25 : 25 : 0		1,268
7	M ₁	50 : 25 : 20 : 5	700	1,555
8	M ₂	25 : 50 : 20 : 5		1,140
9	M ₃	50 : 25 : 25 : 0		1,107

Ket : Z = Zeolit; TL = Tanah Liat; SP =Semen Portland; PVA =Polivinil Alkohol

TABEL III
HASIL UJI KARAKTERISTIK MEMBRAN BERDASARKAN NILAI POROSITAS

No	Nama Sampel	Komposisi (%) (Z:TL:SP:PVA)	Suhu (°C)	Berat Membran (gr)	Porositas (%)
1	M ₁	50 : 25 : 20 : 5	500	15,552	8,26
2	M ₂	25 : 50 : 20 : 5		14,159	11,22
3	M ₃	50 : 25 : 25 : 0		15,729	4,13
4	M ₁	50 : 25 : 20 : 5	600	13,923	17,59
5	M ₂	25 : 50 : 20 : 5		12,030	20,19
6	M ₃	50 : 25 : 25 : 0		12,442	12,94
7	M ₁	50 : 25 : 20 : 5	700	15,258	7,73
8	M ₂	25 : 50 : 20 : 5		11,186	23,06
9	M ₃	50 : 25 : 25 : 0		10,862	42,90

Ket : Z = Zeolit; TL = Tanah Liat; SP =Semen Portland; PVA =Polivinil Alkohol

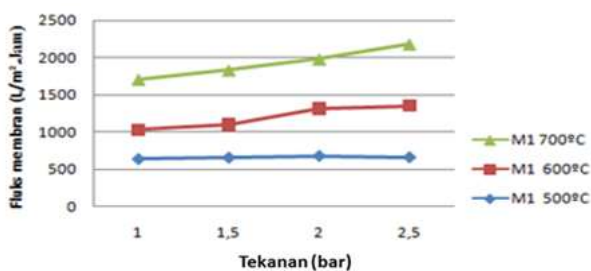
TABEL IV
HASIL UJI KARAKTERISTIK MEMBRAN BERDASARKAN FLUKS MEEMBRAN PADA VOLUME PERMEATE 500 ML DAN LUAS PERMUKAAN MEMBRAN 0,032695 m²

Suhu (°C)	Tekana (bar)	Komposisi (Z:TL:SP:PVA)	Waktu (Jam)	Fluks (L/m ² .Jam)
500°C	1	M ₁	0,0238	430,1063
		M ₂	0,0333	459,2449
		M ₃	0,0291	525,5277
	1,5	M ₁	0,0233	656,3458
		M ₂	0,0241	634,5584
		M ₃	0,0225	679,6825
	2	M ₁	0,0225	679,6825
		M ₂	0,0215	711,2957
		M ₃	0,0201	760,8387
2,5	M ₁	0,0231	665,0284	
	M ₂	0,0203	753,3427	
	M ₃	0,0173	883,9802	

600°C	1	M ₁	0,0386	396,1880
		M ₂	0,0215	711,2957
		M ₃	0,0185	826,6409
	1,5	M ₁	0,0343	445,8559
		M ₂	0,0221	691,9845
		M ₃	0,0171	894,3191
	2	M ₁	0,0238	642,5570
		M ₂	0,0235	650,7599
		M ₃	0,0168	910,2891
2,5	M ₁	0,0221	691,9845	
	M ₂	0,0215	753,3427	
	M ₃	0,0206	883,9802	
700°C	1	M ₁	0,0228	691,9845
		M ₂	0,0263	711,2957
		M ₃	0,0285	826,6409
	1,5	M ₁	0,0211	445,8559
		M ₂	0,0238	691,9845
		M ₃	0,0213	894,3191
	2	M ₁	0,0231	642,5570
		M ₂	0,0218	650,7599
		M ₃	0,0196	910,2891
	2,5	M ₁	0,0185	826,6409
		M ₂	0,0201	760,8383
		M ₃	0,0178	859,1493

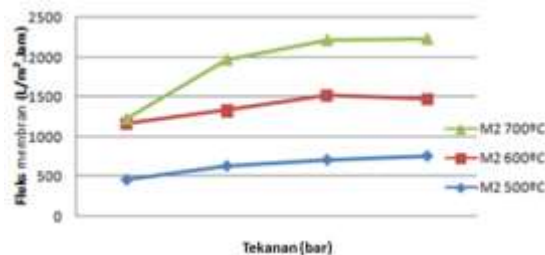
A. Karakteristik Membran Anorganik

1) *Fluks membran.* Fluks membran merupakan hal yang terpenting dalam melihat kemampuan umpan melewati membran dan tertampung sebagai permeat. Nilai fluks berhubungan dengan ukuran pori membran. Semakin kecil ukuran pori membran semakin besar tekanan yang diperlukan untuk umpan melewati membran. Semakin besar tekanan semakin besar fluks membran. Sehingga fluks merupakan ukuran kinerja membran mampu menghasilkan permeate sejumlah tertentu pada waktu tertentu pada luas permukaan membran yang dilewati permeate. Hasil pengujian nilai fluks terhadap pemberian tekanan yang berbeda ditunjukkan dalam gambar 1 berikut.



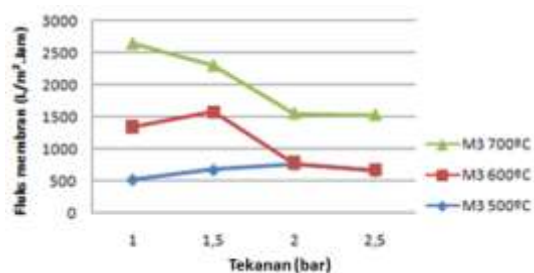
Gambar 1. Pengaruh tekanan terhadap Fluks membran pada komposisi M1 dengan variasi suhu 500-700°C

Dari grafik pada gambar 1 dapat dijelaskan bahwa semakin tinggi tekanan semakin besar nilai fluks membran. Grafik menunjukkan profil fluks membran pada komposisi M. Hasil yang diperoleh menunjukkan komposisi M1 pada suhu 700°C dengan luas permukaan membran 0,032695 m² memperoleh fluks membran yang paling besar yaitu 826,6409 L/m².Jam pada tekanan 2,5 bar. Sedangkan pada suhu 500°C dan 600°C fluks yang paling besar diperoleh pada tekanan 2 bar, berturut-turut yaitu 679,6825 dan 642,5570 L/m².Jam.



Gambar 2. Pengaruh tekanan terhadap Fluks membran pada komposisi M2 dengan variasi suhu 500-700°C

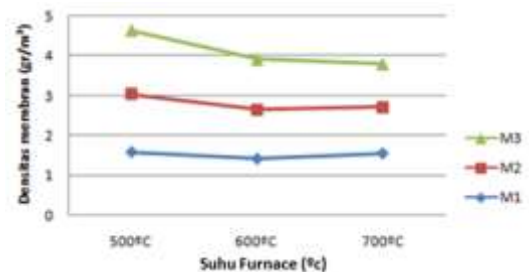
Dari grafik pada gambar 2 dapat dijelaskan bahwa pada komposisi M2 diperoleh fluks tertinggi adalah pada variasi suhu 700°C dengan nilai fluks 760,8383 L/m².Jam pada tekanan 2 bar. Sedangkan untuk variasi suhu 500°C dan 600°C fluks tertinggi diperoleh pada tekanan 2,5 bar yaitu 753,3427 L/m².Jam



Gambar 3. Pengaruh tekanan terhadap Fluks membran pada komposisi M3 dengan variasi suhu 500-700°C

Dari grafik pada gambar 3 dapat dijelaskan bahwa pada komposisi M3 diperoleh fluks tertinggi adalah pada variasi suhu 500°C dengan nilai fluks 753,3427 L/m².Jam pada tekanan 2,5 bar. Sedangkan untuk variasi suhu 600°C memperoleh nilai fluks 910,2891 L/m².Jam. Sedangkan pada suhu 700°C fluks tertinggi diperoleh pada tekanan 2 bar yaitu 910,2891 L/m².Jam

2) *Densitas membran.* Hasil penelitian menunjukkan densitas membran dipengaruhi oleh suhu dan komposisi bahan. Hasil yang diperoleh ditunjukkan pada gambar 4.

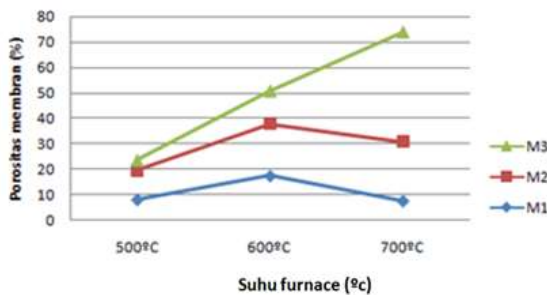


Gambar 4. Pengaruh suhu terhadap densitas membran pada berbagai komposisi bahan

Grafik pada gambar 4 menunjukkan semakin tinggi suhu semakin kecil nilai densiti. Pada grafik terlihat komposisi dari variasi komposisi M1, M2 dan M3 didapat nilai densitas paling tinggi diperoleh pada suhu 500°C yaitu berturut-turut 1,585 gr/m³, 1,443 gr/m³ dan 1,603 gr/m³. Semakin kecil density semakin besar pori-pori membran maka semakin

besar tekanan yang diperlukan untuk mendapatkan fluks yang besar.

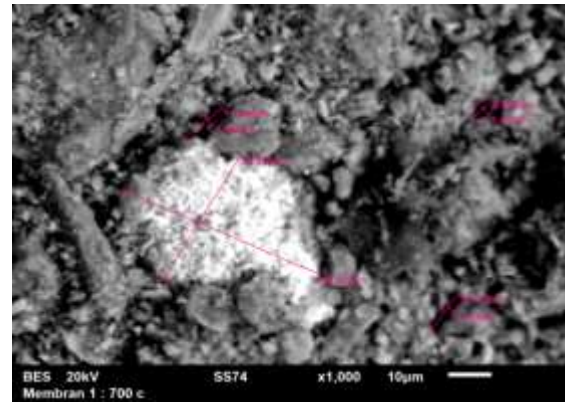
3) *Porositas membrane*. Porositas membran menunjukkan jumlah ruang kosong yang berada diantara pori untuk penyimpanan air. Semakin kecil densitas semakin besar porositas. Semakin besar porositas semakin kecil ukuran pori membran. Semakin kecil ukuran pori membran semakin besar tekanan yang diperlukan untuk mendorong umpan melewati membran sebagai permeal, sehingga fluks membran semakin besar. Hasil yang ditunjukkan untuk nilai porositas yang diperoleh dari komposisi M1, M2, dan M3 ditunjukkan secara grafik pada Gambar 5 berikut.



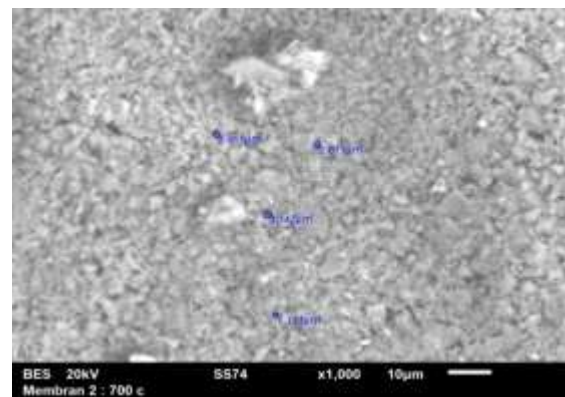
Gambar 5. Pengaruh suhu terhadap porositas membran pada berbagai komposisi bahan

Rongga yang terdapat pada membran menjelaskan bahwa banyaknya ruang kosong yang di tempati oleh udara atau air pada membran. Grafik pada gambar 5 menunjukkan porositas terbesar diperoleh pada komposisi M3 dengan suhu sintering 700°C. Komposisi M3 menunjukkan PVA tidak berpengaruh terhadap kerapatan membran. Seharusnya PVA berpengaruh terhadap ukuran pori dan porositas membran jkarena saat pemanasan pada suhu tinggi PVA akan terbakar menjadi karbon dan akan memperkecil pori membran sehingga porositas menjjadi besar. Hal ini terjadi jika pembakaran dilakukan pada suhu > 900°C. Sedangkan pada penelitian ini suhu sintering hanya dilakukan pada suhu 700°C, sehingga PVA bukana memperkaya porositas dan mengecilkan ukuran pori tetapi PVA justru menutupi pori membran. Oleh karena itu disarankan untuk penelitian ke depan perlu dilakukan pembuatan membran dari campuran zeolit, tanah liat, semen portland putih dan PVA disintering pada suhu >900°C.

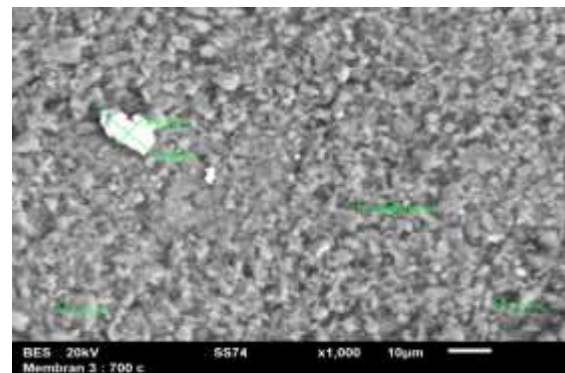
4) *Uji morfologi membran menggunakan SEM (Scanning Electron Miscroscopy)*. Penentuan klasifikasi membran yang dibuat dari campuran zeolit, tanah liat, semen portland dan PVA berhasil terkelompok pada membran mikrofiltrasi adalah dengan melihat morfologi membran yang dihasilkan berdasarkan ukuran pori membran yang diperoleh. Ukuran pori membran hanya dapat dilihat menggunakan uji SEM pada spesimen yang dibutuhkan. Hasil uji SEM dari variasi komposisi M1, M2, dan M3 pada suhu 700°C diperlihatkan pada gambar 6 berikut.



(a)



(b)



(c)

Gambar 6. Hasil uji morfologi membran komposisi M1, M2, dan M3 pada suhu sintering 700°C menggunakan SEM

Pada gambar 6 dapat tearlihat bahwa jumlah rongga membran masih tidak beraturan. Ukuran pori berada pada standar mikrofiltrasi hanya saja jumlah pori tidak beraturan dan kepadatan bahan belum merata. Hal ini dapat disebabkan oleh beberapa faktor, antara lain kompaksi tidak dilakukan dengan baik dan suhu sintering belum sempurna tercapai. Hasil uji SEM menunjukkan pori-pori membran rata-rata adalah 1,2 µm, dan sudah memenuhi sayarat membran mikrofiltrasi.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan maka dapat diambil kesimpulan bahwa suhu sintering sangat berpengaruh terhadap densitas, porositas dan ukuran pori membran. Semakin tinggi suhu sintering menunjukkan signifikan kecilnya ukuran pori membran karena porositas semakin besar. Ukuran pori membran yang diperoleh adalah 1,2 μm pada komposisi M3 dengan suhu sintering 700°C.

Pada uji fluks dapat dilihat bahwa semakin tinggi tekanan maka semakin besar fluks yang diperoleh. Hal ini menunjukkan semakin kecil ukuran pori semakin besar tekanan yang diperlukan untuk mendorong umpan melewati membran. Fluks terbesar diperoleh pada komposisi M3 dengan suhu sintering 700°C yaitu 910,2891 L/m².jam.

REFERENSI

- [1] M. Mulder, "Basic Principles of Membrane Technology, 2nd EdKluwer Academic Publishers," Boston, MA, 1996.
- [2] Bhave, R.R. (1991), "Inorganic : Synthesis. Characteristic and Applications", Van-Nostrand-Reinhold.
- [3] Nasir, dkk. 2013. *Kinerja Membran Keramik Berbasis Tanah Liat, Zeolit Dan Serbuk Besi Dalam Penurunan Kadar Fenol*. Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya Jl. Raya Palembang – Prabumulih KM 32 Indralaya, Ogan Ilir Sumatera Selatan 30662
- [4] N. N. Aidha, "Aktivasi Zeolit Secara Fisika Dan Kimia Untuk Menurunkan Kadar Kesadahan (Ca Dan Mg) Dalam Air Tanah (Activation Of Zeolite By Physical And Chemical Methods," Vol. 35, No. 1, Pp. 58–64, 2013
- [5] Arif, dkk. 2013. *Studi Membran Anorganik Berbahan Dasar dari Alam serta Potensinya sebagai Filter*. Laboratorium Kimia Material, Jurusan Kimia - FMIPA Universitas Andalas, Kampus Limau Manis – Padang
- [6] Agmalini, dkk. 2013. *Peningkatan Kualitas Air Rawa Menggunakan Membran Keramik Berbahan Tanah Liat Alam Dan Abu Terbang Batu*. Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya Jln. Raya Palembang Prabumulih Km. 32 Inderalaya Ogan Ilir
- [7] Karina Okki Sandra, Agus Setyo Budi, Anggoro Budi Sulisto, 2014. *Pengaruh Suhu Sintering terhadap Densitas dan Porositas pada Membran Keramik Berpori Berbasis Zeolit, Tanah Lempung, Arang Batok Kelapa, dan Polivinilalkohol (PVA)*. Prosiding Pertemuan Ilmiah XXVIII HFI Jateng & DIY. Yogyakarta. Hal 392-395