

Pemanfaatan *Fly Ash* dan *Clay* dalam Pembuatan Membran Keramik dengan Penambahan PVA Sebagai Perikat untuk Merejeksi TSS pada Air Sungai

Selvie Diana¹, Lia Zaharani², Zahra Fona³

^{1,2,3}Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Lhokseumawe

Jalan Banda Aceh-Medan Km 280,3 Buketrata-Lhokseumawe, 24301 INDONESIA

¹selviepnl@yahoo.com, ²lia.zaharani96@yahoo.com, ³zahrafona@yahoo.com

Abstrak - Air sungai dikawasan perkotaan saat ini cukup mengkhawatirkan karena telah banyak tercemar oleh zat kimia berbahaya sehingga air sungai sudah tidak layak untuk dikonsumsi tanpa adanya pengolahan terlebih dahulu. Penelitian ini bertujuan untuk merancang sistem peralatan filtrasi air sungai menggunakan filter membran keramik berbahan campuran fly ash, clay dan polyvinyl alcohol dengan berbagai komposisi yaitu 58%:38%:4%, 48%:48%:4% dan 38%:58%:4% untuk pemurnian air sungai Geudong. Membran keramik dibuat dengan metode cetak kering dan dibakar pada suhu 700°C dan waktu penahanan selama 4 jam. Pengujian filtrasi dilakukan dengan variasi tekanan 0,25; 0,50; 0,75 dan 1,00 bar. Variabel proses yang digunakan pada penelitian ini adalah tekanan operasi dan komposisi bahan membran keramik yang digunakan. Parameter yang analisis mencakup Fluks membran, TSS dan SEM. Hasil yang diperoleh pada penelitian ini menunjukkan bahwa membran keramik dengan komposisi fly ash:clay:PVA (58%:38%:4%) yang paling optimum merejeksi TSS sebesar 76,45% dengan tekanan operasi 0,25 bar serta fluks tertinggi yang dihasilkan untuk air sungai sebesar 469,72 l/m².jam pada tekanan 1,00 bar untuk membran keramik M₃. Hasil analisa SEM menunjukkan bahwa membran keramik M₁ memiliki pori – pori yang sangat halus sehingga sangat berpotensi tinggi dalam penjernihan air sungai menjadi air minum.

Kata kunci - Clay, Filtrasi air, Fly ash, Membran keramik, Polyvinyl alcohol

Abstract - River water in urban areas is currently quite worrying because it has been heavily polluted by harmful chemicals so that river water is not suitable for consumption without prior processing. This study aims to design a system of river water filtration equipment using ceramic membrane filters made from a mixture of fly ash, clay and polyvinyl alcohol with various compositions, namely 58%: 38%: 4%, 48%: 48%: 4% and 38%: 58% : 4% for the purification of Geudong river water. Ceramic membranes are made using dry printing method and burned at 700°C and holding time for 4 hours. Filtration testing is carried out with a pressure variation of 0.25; 0.50; 0.75 and 1.00 bars. Process variables used in this study are the operating pressure and composition of the ceramic membrane material used. Parameters for analysis include membrane flux, TSS and SEM. The results obtained in this study indicate that the ceramic membrane with the composition of fly ash: clay: PVA (58%: 38%: 4%) which has the most optimum TSS reduction is 76.45% with an operating pressure of 0.25 bar and the highest flux produced for river water is 469.72 l / m². hours at 1.00 bar pressure for M₃ ceramic membranes. The results of SEM analysis showed that M₁ ceramic membrane has very fine pores so that it has high potential in purifying river water into drinking water.

Keywords - clay, water filtration, fly ash, ceramic membrane, polyvinyl alcohol

I. PENDAHULUAN

Air merupakan salah satu sumber daya alam yang dapat diperbaharui karena jumlahnya yang sangat melimpah dimuka bumi ini, tetapi melihat kondisi alam akibat dari aktivitas manusia saat ini yang berdampak pada pencemaran lingkungan akan mempengaruhi kualitas dan kuantitas dari pada air tersebut. Air sungai dikawasan perkotaan saat ini cukup mengkhawatirkan karena telah banyak tercemar oleh zat kimia berbahaya sehingga air sungai sudah tidak layak untuk dikonsumsi tanpa adanya pengolahan terlebih dahulu. Air minum aman bagi kesehatan apabila memenuhi persyaratan fisika, mikrobiologis, kimiawi dan radioaktif sesuai dengan parameter wajib dan tambahan [1].

Untuk air yang menjadi kebutuhan pokok perlu adanya pengujian TSS yang terkandung didalamnya seperti mengukur kualitas proses [2].

Untuk mengatasi permasalahan diatas, perlu adanya teknologi alternatif yang dapat bekerja lebih kompetitif yaitu teknologi membran. Salah satu teknologi pengolahan air yang sedang berkembang pesat beberapa tahun belakangan ini adalah teknologi membran keramik. Membran keramik

memiliki sifat mekanik, kestabilan kimia yang baik, ketahanan yang tinggi terhadap panas, asam dan basa, konsumsi energi yang rendah, ukuran pori yang sempit dan biaya operasional rendah [3]. Adapun bahan utama penyusun membran keramik seperti alumina, titania, zirconia dan silica memiliki beberapa kelemahan yaitu ketersediaan bahan yang rendah dan harga bahan yang relatif mahal. Oleh karena itu perlu adanya pengkajian terhadap bahan alternatif alami seperti clay yang banyak terdapat di alam dan fly ash pabrik semen yang merupakan limbah samping industri semen, kedua bahan tersebut berpotensi dijadikan bahan campuran pembuatan membran keramik. Membran keramik berbahan campuran fly ash dan clay mampu mengolah air gambut menjadi air bersih yang memenuhi standar air bersih sesuai dengan Permekes NO.416/Menkes/Per/XI/1990, mampu menurunkan TSS sebesar 72,55%[4], mampu menurunkan TDS sebesar 60,2 % [5], mampu mereduksi fosfor, Fe, Mn, dan CaCO₃ [6].

Berdasarkan latar belakang di atas, maka dalam penelitian ini akan dicoba pembuatan membran keramik berbahan dasar fly Ash pabrik semen dan clay sebagai media penyaring pengolahan air sungai untuk menyisihkan TSS.

Penelitian ini juga akan dipelajari pengaruh komposisi *fly ash* pabrik semen *clay* dan *polyvinyl alcohol*, pengaruh tekanan operasi terhadap *fluks*, persen rejeksi TSS.

II. METODOLOGI PENELITIAN

A. Alat dan Bahan

Alat yang digunakan terdiri dari housing membran, cetakan membran 1 berbentuk tubular dengan diameter luar 6,5 cm, diameter dalam 2,5 cm dan tinggi 25 cm, cetakan membran 2 berbentuk plate dengan diameter 5,5 cm dan tinggi 0,5 cm, pompa sentrifugal, pressure gauge, peralatan gelas, stopwatch, jerigen, ember, timbangan analitis dan TSS meter.

Bahan yang digunakan larutan umpan air sungai Geudong, *clay*, *fly ash* yang berasal dari hasil samping pabrik semen PT. SAI Banda Aceh, PVA (*Polyvinyl Alcohol*), dan akuades.

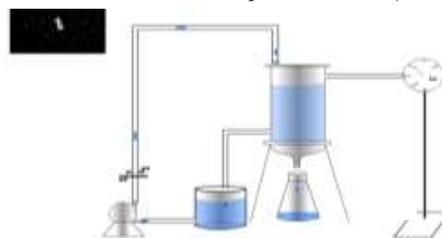
Pengujian karakteristik struktur morfologi membran dan gugus fungsi membran digunakan SEM (*Scanning Electron Microscope*) merk JEOL JSM-6510LA.

B. Pembuatan Membran Keramik

Pembuatan membran keramik *fly ash-clay-PVA* dimulai dari pengayakan *Fly Ash*, *Clay* yang bertujuan untuk mendapatkan ukuran partikel *Fly Ash* dan *Clay* yang sama. Bahan membran keramik dicampur dengan 700 ml air sedikit demi sedikit sampai habis, disertai dengan pengadukan hingga terbentuk pasta *clay-fly ash-PVA*. Pencetakan membran dilakukan dengan menuangkan pasta *clay-fly ash-PVA* ke dalam cetakan. Membran dikeluarkan dari cetakan dan dikeringkan pada suhu ruang selama 7 x 24 jam. Membran kemudian dilanjutkan dengan pemanasan pada 700°C selama 4 jam.

C. Proses Filtrasi Menggunakan Membran Keramik

Proses filtrasi menggunakan membran keramik menggunakan peralatan yang dirangkai sesuai dengan konsep penelitian (Gambar 1). Pengujian peralatan dilakukan dengan melewatkan air murni melewati membran untuk mengetahui kemungkinan kebocoran dan kerusakan alat sebelum diuji berdasarkan variabel penelitian dan dilakukan analisa awal pada air umpan (air sungai). Air sungai dialirkan melalui lubang pemasukan umpan menuju permukaan membran dengan memompakan udara tekan sesuai variabel bebas sebagai gaya pendorong air melewati media membran. Filtrat (permeat) yang telah melewati membran, yang merupakan produk dari proses filtrasi ditampung dan diukur volumenya. kemudian permeat yang dihasilkan diukur TSS nya.



Keterangan: a = pompa, b = tangki umpan, c = modul membran, d = *pressure gauge*, e = permeat

Gambar 1. Skema Proses Filtrasi dan Detail Modul Membran

D. Penentuan Fluks Membran

Fluks membran yang didefinisikan sebagai jumlah volume permeat yang melewati membran per satuan luas permukaan per satuan waktu:

$$J = \frac{V}{A.t} \quad (1)$$

Dimana: J = *fluks* (l/m²jam)

V = volume permeat (liter)

A = luas permukaan membran (m²)

t = waktu penyaringan (jam)

E. Penentuan Koefisien Rejeksi TSS

Koefisien rejeksi atau efisiensi penyisihan dapat diukur dengan menentukan jumlah TSS dalam permeate dan dalam umpan, sehingga dapat ditentukan koefisien penolakan membran:

$$R_{\text{obs}} (\%) = \left(1 - \frac{C_p}{C_f} \right) \times 100 \% \quad (2)$$

Dimana: C_p = TSS permeat

C_f = TSS umpan

R = faktor penolakan (%)

F. Pengujian Karakteristik Membran

Membran keramik dengan masing - masing komposisinya akan dianalisa struktur morfologi dan ukuran porinya menggunakan SEM merk JEOL JSM-6510LA. Membran yang menghasilkan persen rejeksi TSS terbaik akan dianalisa struktur morfologi dan ukuran porinya menggunakan SEM.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian pembuatan membran keramik berbahan dasar campuran *Fly Ash*, *Clay* dan *Polyvinyl Alcohol* yang divariasikan komposisinya dan dilarutkan dengan aquades bertujuan untuk pemurnian air sungai Geudong. Pengujian membran keramik ini dilakukan dengan cara uji *fluks*

membran melalui filtrasi menggunakan tekanan yang hasil permeatnya (sampel) akan dianalisa kuantitatif TSS sebelum dan sesudah filtrasi. Sampel yang menghasilkan persen rejeksi TSS terbaik akan dilakukan analisa menggunakan SEM untuk mendapatkan gambaran struktur morfologi dan ukuran pori membran keramik. Hasil dari penelitian dapat dilihat pada Tabel 1 dan Tabel 2.

Tabel 1
Nilai *Fluks* Air Murni Pada Membran Keramik M₁, M₂ dan M₃

No	Komposisi	Tekanan (bar)	Fluks (l/m ² .jam)
1	M ₁	0,25	27,219
2		0,50	30,868
3		0,75	38,199
4		1,00	60,179
1	M ₂	0,25	63,415
2		0,50	102,865
3		0,75	144,235
4		1,00	147,851
1	M ₃	0,25	91,043
2		0,50	130,574
3		0,75	148,679
4		1,00	457,573

Ket : M₁ = (58%:38%:4%) = (522gr:342gr:36gr)
 M₂ = (48%:48%:4%) = (432gr:432gr:36gr)
 M₃ = (38%:58%:4%) = (342gr:522gr:36gr)

Tabel 2
Nilai *Fluks* dan Rejeksi TSD Air Sungai pada Membran Keramik M₁, M₂ dan M₃

No	Komposisi	Tekanan (bar)	Fluks (l/m ² .jam)	Rejeksi TSS (%)
1	M ₁	0,25	22,157	76,45
2		0,50	32,519	74,71
3		0,75	45,801	72,38
4		1,00	71,889	70,64
1	M ₂	0,25	68,488	70,35
2		0,50	84,400	67,73
3		0,75	85,995	65,70
4		1,00	86,619	63,37
1	M ₃	0,25	21,441	64,83
2		0,50	90,500	63,08
3		0,75	124,890	60,47
4		1,00	469,721	58,14

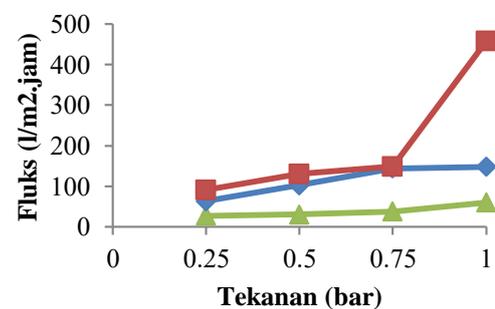
Ket : M₁ = (58%:38%:4%) = (522gr:342gr:36gr)

$$M_2 = (48\%:48\%:4\%) = (432gr:432gr:36gr)$$

$$M_3 = (38\%:58\%:4\%) = (342gr:522gr:36gr)$$

Teknologi membran keramik merupakan teknologi yang berprinsip pada proses pemisahan antara pelarut dengan zat terlarut berdasarkan ukuran partikel dari suatu komponen yang melewati membran keramik [7]. Membran keramik memiliki pori-pori yang dapat melewatkan komponen yang melewatinya, semakin kecil ukuran pori-pori membran keramik maka akan semakin sulit komponen yang memiliki ukuran partikel lebih besar dari pori-pori membran keramik untuk dapat tembus melewati membran keramik. Sehingga keluaran membran keramik akan semakin bersih. Pori-pori membran keramik sangat dipengaruhi oleh komposisi bahan campuran membran keramik. Semakin bervariasi campuran bahan membran keramik maka akan semakin meningkatkan kualitas dari membran keramik tersebut. Namun campuran bahan membran keramik perlu diperhatikan juga karena membran keramik itu sendiri pada dasarnya merupakan salah satu jenis membran sintesis yang terbuat dari bahan anorganik seperti *fly ash*, *clay*, alumina titania dan sebagainya yang hampir sama seperti membran polimer. Membran keramik semakin luas penggunaannya dikarenakan membran keramik dapat diplikasikan dalam berbagai operasi seperti filtrasi, desalinasi dan purifikasi, membran keramik juga mudah digabungkan dengan proses pemisahan lainnya, konsumsi energi yang rendah, pemisahan dapat dilakukan secara terus-menerus, ketahanan yang tinggi terhadap panas, asam dan basa serta stabilitas kimia yang tinggi. Karakteristik dan kemampuan serta unjuk kerja membran keramik bergantung pada jenis material, komposisi, kondisi pembuatan maupun kondisi operasi.

Permeabilitas membran keramik adalah kemampuan membran keramik untuk melewatkan air dengan bantuan gaya pendorong yaitu tekanan operasi pada membran keramik.

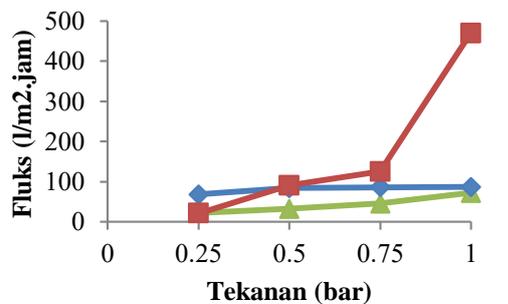


Gambar 2. Grafik permeabilitas air murni terhadap tekanan pada membran keramik M₁(▲), M₂(◆), M₃(■)

Air murni yang dilewatkan pada membran keramik bertujuan untuk pencucian terlebih dahulu pada membran keramik tersebut yang berguna untuk menghilangkan sisa-sisa

kotoran dari hasil pembakaran membran keramik agar tidak bercampur dengan hasil akhir atau permeat pada membran keramik. Dari gambar 4.1 menunjukkan bahwa nilai *fluks* yang semakin meningkat dengan penambahan tekanan. Proses filtrasi menggunakan air murni berjalan dengan konstan dalam waktu yang lama dan volume yang besar dikarenakan tidak adanya partikel yang menempel atau menumpuk pada dinding dan pori-pori membran keramik.

Fluks membran keramik adalah suatu ukuran yang mengukur kecepatan jumlah volume permeat yang melewati membran keramik persatuan luas permukaan persatuan waktu dengan gradien tekanan sebagai gaya pendorong.

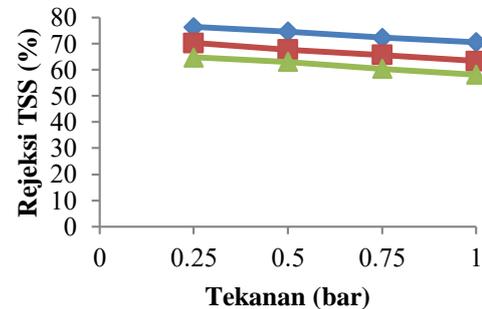


Gambar 3. Grafik pengaruh tekanan terhadap *fluks* membran pada membran keramik M₁(▲), M₂(◆), M₃(■) pada air sungai

Gambar 3 menunjukkan peningkatan nilai *fluks* dengan semakin meningkatnya tekanan, dimana pemisahan terjadi karena adanya *driving force* berupa perbedaan tekanan masuk dan tekanan keluar modul membran. Nilai *fluks* tertinggi didapatkan pada tekanan 1 bar untuk semua membran keramik (M₁, M₂ dan M₃). Peningkatan *fluks* ini disebabkan karena semakin besar tekanan maka semakin besar gaya dorong yang diberikan kepada larutan untuk melewati membran keramik sehingga banyak air umpan yang melewati membran keramik sehingga memperkecil pengaruh polarisasi konsentrasi. Polarisasi konsentrasi adalah konsentrasi zat terlarut pada permukaan membran keramik menjadi lebih tinggi daripada dilarutan air umpan.

Dilihat dari komposisi membran keramik M₁, M₂ dan M₃ didapatkan bahwa pada membran keramik dengan komposisi M₃ menghasilkan nilai *fluks* yang paling tinggi dibandingkan dengan komposisi membran keramik M₁ dan M₂, hal ini disebabkan karena pada membran keramik M₃ mengandung *clay* yang paling banyak. *Clay* dapat meningkatkan jumlah pori dan rongga untuk mendukung kinerja filtrasi sehingga banyak larutan air umpan yang dapat masuk kepori-pori membran keramik dan melewati membran keramik. Namun semakin banyaknya kandungan *clay* maka akan meningkatkan sifat fisik membran keramik yaitu kekokohan dan tidak gampang pecah. Banyaknya nilai *fluks*

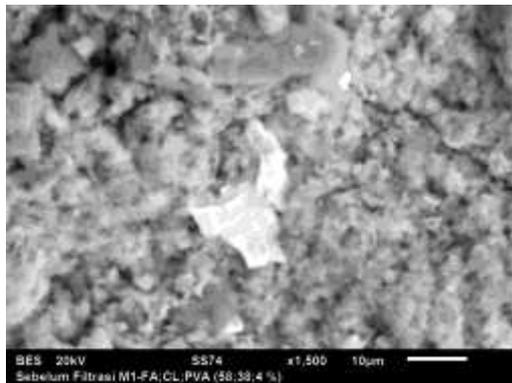
juga dipengaruhi oleh pembakaran dimana pembakaran membran keramik berfungsi untuk membuka pori-pori pada membran keramik [8]. PVA (*Polyvinyl Alcohol*) juga mempengaruhi terbentuknya pori-pori membran keramik karena dengan penambahan PVA pada suhu tinggi dapat mengurangi kerapatan dan memperbesar porositas dari membran keramik tersebut hal ini dikarenakan sifat polimer PVA yang menguap pada suhu tinggi [9].



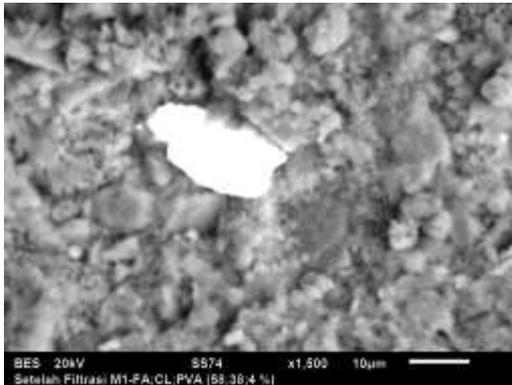
Gambar 4. Grafik pengaruh tekanan terhadap rejeksi TSS pada membran keramik M₁(◆), M₂(■), M₃(▲)

Penurunan TSS dipengaruhi oleh komposisi membran keramik yang berbeda dan juga sangat dipengaruhi tekanan filtrasi, semakin tinggi tekanan yang diberikan maka TSS juga semakin tinggi, hal ini dikarenakan saat penambahan tekanan maka zat terlarut dalam air umpan akan dipaksa masuk kepori-pori membran keramik sehingga akan mudah untuk lolos melewati membran keramik.

Analisa SEM (*Scanning Electron Microscope*) bertujuan untuk dapat mengetahui karakteristik dari membran keramik, dapat melihat morfologi membran yang meliputi struktur membran keramik dan penampang lintang serta untuk mengetahui statistika pori yaitu distribusi pori dan ukuran pori membran keramik. Analisa SEM digunakan sampel membran keramik yang menghasilkan persen rejeksi TSS terbaik. Membran keramik yang menghasilkan persen rejeksi TSS terbaik didapat pada membran keramik M₁= FA : CL : PVA = 58%:38%:4%, maka analisa SEM dilakukan pada membran keramik M₁ sebelum dan sesudah filtrasi. Adapun hasil analisa SEM dapat dilihat pada gambar 5.



(a)



(b)

Gambar 5 Hasil analisa SEM pada membran M₁ = FA:CL:PVA = 58%:38%:4%,sebelum filtrasi (a) dan sesudah filtrasi (b)

Hasil gambar (a) untuk membran keramik sebelum filtrasi menunjukkan pori-pori yang sangat kecil, hal ini menunjukkan bahwa membran keramik M₁ sangat berpotensi tinggi untuk diaplikasikan pada proses penjernihan air. Hal ini dapat dibuktikan dengan hasil gambar (b) untuk membran keramik setelah filtrasi terjadi penutupan pori-pori membran yang disebabkan menempelnya zat-zat terlarut dalam air yang tidak bisa tembus atau lolos pori membran keramik, sehingga keluaran air permeal menjadi lebih jernih dibandingkan air umpan yang masuk.

Hasil pengujian struktur mikro (butiran partikel) dengan pembesaran 1500x, dihasilkan warna gelap menunjukkan pori sedangkan warna terang adalah bulir. Bulir yang lebih banyak dengan pori yang lebih sedikit menunjukkan bahwa membran keramik lebih banyak mengandung *fly ash* daripada *clay* [10]. *Fly ash* adalah partikel yang lebih halus daripada *clay*, sehingga membran keramik dengan *fly ash* yang lebih banyak akan bersifat sangat homogen dan lebih halus. Pori – pori membran keramik yang tidak homogen mungkin disebabkan oleh pengkasaran butir selama proses pembakaran membran keramik serta kurang homogenya pencampuran bahan membran keramik yang dilakukan dengan cara manual.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat diambil beberapa kesimpulan, yaitu :

Semakin tinggi tekanan maka nilai *fluks* juga akan semakin tinggi namun koefisien rejeksi TSS akan semakin menurun. *Fluks* tertinggi yang dihasilkan untuk air sungai sebesar 469,72 l/m².jam pada tekanan 1,00 bar untuk membran keramik M₃. Persen rejeksi TSS tertinggi yang dihasilkan untuk air sungai sebesar 76,45% pada tekanan 0,25 bar untuk membran M₁. Hasil analisa menunjukkan bahwa membran keramik M₁ memiliki pori – pori membran keramik yang sangat halus sehingga sangat berpotensi tinggi dalam penjernihan air sungai menjadi air minum. Membran keramik (mikrofiltrasi) cocok digunakan untuk proses penyisihan kandungan TSS pada proses pengolahan air minum.

REFERENSI

- [1] Sari, R.P. 2016. Analisis Kuantitatif Bakteri Escherichia Coli pada Air Minum Isi Ulang di Wilayah Sungai Besar Kota Banjarbaru. *Jurnal Ilmiah Ibnu Sina*. Vol.1(1), hal. 26-35.
- [2] Suriaman, E dan Apriliasari, W.P. 2017. Uji MPN Coliform dan Identifikasi Fungi Patogen pada Air Kolam Renang di Kota Malang. *Jurnal Sains Health*. Vol.1(1), hal. 15-22.
- [3] Ma’ruf, A., Budiana, B dan Mulyadi, A.H. 2015. Pembuatan dan Karakterisasi Membran Keramik TiO₂ untuk Ultrafiltrasi. *Symposium Nasional Teknologi Terapan*. Vol. 3, hal. K5-K9.
- [4] Kasam., Siswoyo, E dan Agustina R.A. 2009. Penggunaan Membran Keramik untuk Menurunkan Bakteri E. Coli dan Total Suspended Solid (TSS) pada Air Permukaan. In Press.
- [5] Agmalini, S., Lingga, N.N dan Nasir, S. 2013. Peningkatan Kualitas Air Rawa Menggunakan Membran Keramik Berbahan Tanah Liat dan Abu Terbang Batubara. *Jurnal Teknik Kimia*. Vol.19(2), hal. 59-68.
- [6] Susanto, T dan Nurhayati, C. 2017. Pengolahan Air Permukaan di Banyuwangi Menggunakan Membran Keramik Berbahan Batubara dan Nano Clay. *Jurnal Riset Teknologi Pencegahan Pencemaran Industri*. Vol.8(1), hal. 1-12.
- [7] Nasir, S., Hartaty, A dan Sulaiman, D. 2013. Pengaruh Koagulan Polyaluminium Chloride dan Sodium alginate Terhadap Kualitas Air Bersih yang Dihasilkan pada Pengolahan Air Sungai dan Air Rawa dengan Filter Keramik. *Jurnal Teknik Kimia*. Vol.19(4), hal. 7-13.
- [8] Apriyanti, E dan Wijayanto, W. 2017. Pengaruh Karakterisasi Pada Pembuatan Membran Keramik Komposit Abu Vulkanik Untuk Pengolahan Air Bersih. *Prosiding Seminar Nasional Kimia UNY*. Hal. 305-312.
- [9] Sandra, K.O., Budi, A.S dan Susilo A.B. 2014. Pengaruh Suhu Sintering Terhadap Densitas dan Porositas pada Membran Keramik Berpori Berbasis Zeolit, Tanah Lempung, Arang Batok Kelapa, dan Polivinylalcohol (PVA). *Prosiding Pertemuan Ilmiah XXVIII HFI Jateng & DIY Yogyakarta*. Hal. 392-395.
- [10] Nurhayati, C dan Susanto, T. 2015. Pemanfaatan Fly Ash Batubara Sebagai Bahan Membran Keramik pada Unit Pengolahan Air Gambut. *Jurnal Dinamika Penelitian Industri*. Vol.26(2), hal. 95-105.