

PENGARUH KONSENTRASI FLY ASH TERHADAP PERMEABILITAS PADA PEMBUATAN MEMBRAN KERAMIK

Eny Apriyanti, Agustien Zulaidah, Ummi Chasanah

Universitas Pandanaran

Email: enyapriyanti@unpand.ac.id, zagustien@unpand.ac.id
chasanah.ummi01@yahoo.co.id

Abstract

Permeability is a measure of the speed over a distance to penetrate a membrane. This property is influenced by the number and size of pores, the pressure applied, and the thickness of the membrane. Permeability is a very influential factor in making ceramic membranes, consisting of determining the compaction time and water flux testing. The compaction time is carried out by measuring the time for each ml of water that comes out through the membrane, then recording the results obtained for each fly ash composition. This permeability test uses different fly ash concentrations with 3 variables, namely fly ash A, fly ash B and fly ash C as well as coating solution concentrations with concentrations of 0.5%, 1%, 1.5%, 2%, and 2.5%. The research produced different permeability tests for each fly ash concentration variable used. The greater the fly ash concentration, the greater the flux obtained. The differences in each of these codes are caused by the process of rearranging the membrane pores and sintering at high temperatures, the higher the concentration of the coating solution, the greater the flux obtained.

Keyword: fly ash, concentration, ceramic membrane, permeability

Abstrak

Kesehatan Permeabilitas merupakan ukuran kecepatan dari suatu jarak untuk menembus membran. Sifat ini dipengaruhi oleh jumlah dan ukuran pori, tekanan yang diberikan, serta ketebalan membran. Permeabilitas merupakan faktor yang sangat berpengaruh pada pembuatan membran keramik terdiri atas penentuan waktu kompaksi dan uji fluks air. Waktu kompaksi dilakukan dengan cara yaitu waktu diukur tiap ml air yang keluar melewati membran, kemudian dicatat hasil yang diperoleh pada tiap-tiap komposisi fly ash. Uji permeabilitas ini menggunakan konsentrasi fly ash yang berbeda-beda dengan 3 variabel yaitu fly ash A, fly ash B dan fly ash C serta konsentrasi larutan coating dengan konsentrasi 0,5% , 1% , 1,5% , 2% , dan 2,5%. Penelitian menghasilkan uji permeabilitas yang berbeda-beda dari setiap variabel konsentrasi fly ash yang digunakan. Semakin besar konsentrasi fly ash maka semakin besar fluks yang diperoleh. Adanya perbedaan pada masing-masing kode ini di sebabkan karena pada proses penataan ulang pori-pori membran dan sintering pada suhu tinggi, semakin tinggi konsentrasi larutan coating maka menunjukkan semakin fluks yang didapatkan.

Kata kunci: fly ash, konsentrasi, membran keramik, permeabilitas

PENDAHULUAN

Pada fly ash batubara adalah bagian dari sisa pembakaran batubara yang berbentuk partikel halus amorf dan abu tersebut merupakan bahan anorganik yang terbentuk dari perubahan bahan mineral (mineral matter) karena dari proses pembakaran batubara pada unit pembangkit uap (boiler) akan terbentuk dua jenis abu yaitu abu terbang (fly ash) dan abu dasar (bottom ash). Komposisi abu batubara yang dihasilkan terdiri dari 10-20% abu dasar (bottom ash), sedang sisa sekitar 80-90% berupa abu terbang (fly ash). Abu terbang ditangkap dengan electric precipitator sebelum dibuang ke udara melalui cerobong (Apriyanti et al, 2018). Pemanfaatan limbah abu terbang (fly ash) batubara menjadi membran merupakan salah satu cara dalam mengatasi limbah yang dihasilkan. Selain dapat meningkatkan nilai ekonomisnya, proses pemanfaatan limbah abu terbang (fly ash) dapat mengurangi jumlah dan dampak buruknya terhadap lingkungan (Chen et al, 2021).

TINJAUAN PUSTAKA

Menurut Membran adalah lapisan tipis yang bersifat selektif (semi permeabel) sebagai pembatas antara dua fasa dan berfungsi mengatur perpindahan komponen pada kedua fasa tersebut. Jika suatu larutan umpan melewati sebuah membran, maka ada komponen dalam umpan yang tertahan oleh membran dan komponen yang melewati membran. Membran merupakan lapisan tipis di antara dua fasa yang bersifat selektif (semi permeabel) dan berfungsi mengatur perpindahan komponen pada dua kompartemen yang berdekatan tersebut (Chasri et al, 2015). Teknik yang digunakan pada proses pembuatan membran antara lain sintering, stretching, track etching, template leaching, dan inversi fasa. Membran keramik ini dibuat dengan metode sintering. Sintering adalah teknik yang sangat sederhana, dapat dilakukan baik pada bahan anorganik maupun organik. Campuran komposisi bahan dengan ukuran tertentu dikompresi dan disintering pada temperatur tertentu. Selama proses sintering antarmuka padatan dan antar partikel yang berkontak hilang membentuk pori (Fang et al, 2011). Membran keramik adalah senyawa padat yang dibentuk oleh adanya pemanasan dan tekanan yang mempunyai sifat-sifat yang lebih baik seperti tahan terhadap temperatur tinggi, tahan secara kimia, keras dan kaku. Pada membran keramik susunan, bentuk, dan ukuran pori menjadi kunci karakterisasi membran karena membran keramik tersebut dibuat dari material yang berupa butiran-butiran partikel melalui proses penyiapan serbuk material keramik, pengadonan, pencetakan, pengeringan dan sintering, dimana setiap proses sangat mempengaruhi kualitas membran yang dihasilkan (Bunaciu et al, 2015).

Permeabilitas yang sering disebut juga kecepatan permeat atau fluks adalah jumlah volume permeat yang melewati satu satuan luas permukaan luar membran dengan waktu tertentu dengan adanya gaya dorong berupa tekanan. Faktor yang mempengaruhi permeabilitas ini adalah jumlah dan ukuran pori, interaksi antara membran dan larutan umpan (Chen et al, 2021). Adanya perbedaan penambahan komposisi fly ash dapat mempengaruhi kondisi fisik, serta menyebabkan membran yang dihasilkan memiliki ukuran pori yang beragam. Parameter yang digunakan adalah variasi konsentrasi

larutan coating yaitu 0,5%; 1% ; 1,5% ; 2% dan 2,5%. Penelitian ini dilakukan dengan memvariasikan konsentrasi larutan coating dengan dilakukan karakterisasi membran yaitu uji permeabilitas pada membran keramik. Komposisi antara fly ash dan bottom ash tergantung sistem pembakarannya, dalam tungku pulverized coal sistem basah antara 45-55%, dan tungku underfeed stoker 30-80% dari total abu batubara. Fly ash ditangkap dengan electrostatic precipitator (ESP) sebelum dibuang ke udara melalui cerobong. Komponen utama dari fly ash yang berasal dari pembangkit listrik adalah silika (SiO_2), alumina (Al_2O_3), dan besi oksida (Fe_2O_3), sisanya adalah karbon, kalsium, magnesium, dan belerang. Sifat kimia dari fly ash dipengaruhi oleh jenis batubara yang dibakar dan teknik penyimpanan serta penanganannya. Pembakaran batubara lignit dan sob/bituminous menghasilkan fly ash dengan kalsium dan magnesium oksida lebih banyak daripada bituminous, memiliki kandungan silika, alumina, dan karbon yang lebih sedikit daripada bituminous. Fly ash terdiri dari butiran halus yang umumnya berbentuk bola padat berongga. Ukuran partikel fly ash hasil pembakaran batubara bituminous lebih kecil dari 0,075 mm. Kerapatan fly ash berkisar antara 2100-3000 kg/m³ dan luas area spesifiknya antara 170-1000 m²/kg (Chathurappan, 2022). Hal ini menimbulkan masalah lingkungan dan kesehatan, karena fly ash hasil dari tempat pembakaran batubara dibuang sebagai timbunan. Fly ash dan bottom ash ini terdapat dalam jumlah yang cukup besar, sehingga memerlukan pengelolaan agar tidak menimbulkan masalah lingkungan seperti pencemaran udara atau perairan dan penurunan kualitas ekosistem (Ahmad et al, 2014). Salah satu penanganan lingkungan yang dapat diterapkan adalah memanfaatkan limbah fly ash menjadi membran yang dapat meningkatkan nilai ekonomis, serta mengurangi dampak buruk terhadap lingkungan (Apriyanti et al, 2018). Berbagai penelitian mengenai pemanfaatan fly ash sedang dilakukan untuk meningkatkan nilai ekonomisnya serta mengurangi dampak buruknya terhadap lingkungan. Fly ash memiliki berbagai kegunaan antara lain: sebagai penyusun beton untuk jalan dan bendungan, sebagai bahan baku keramik gelas, batubata, sebagai filter aspal, plastik dan kertas, sebagai pengganti dan bahan baku semen, sebagai aditif dalam pengolahan limbah, dan sebagai adsorben (Astuti et al, 2011).

Permeabilitas membran merupakan salah satu cara karakterisasi membran yang berkaitan dengan ukuran dan jumlah pori pada membran. Untuk menentukan permeabilitas membran, membran diletakkan dalam sel aliran kontinyu dengan larutan umpan berupa aquadest. Sebelum dilakukan pengukuran, struktur pori membran dikompaksi selama beberapa saat dengan laju alir tertentu sampai diperoleh volume permeat yang tetap. Kemudian pengukuran dilakukan dengan cara menampung permeat yang keluar melalui membran dalam suatu waktu tertentu (Asnatulu et al, 2013). Fluks volume dapat dinyatakan dengan persamaan :

$$J_v = \frac{V}{A \cdot t}$$

Dimana :

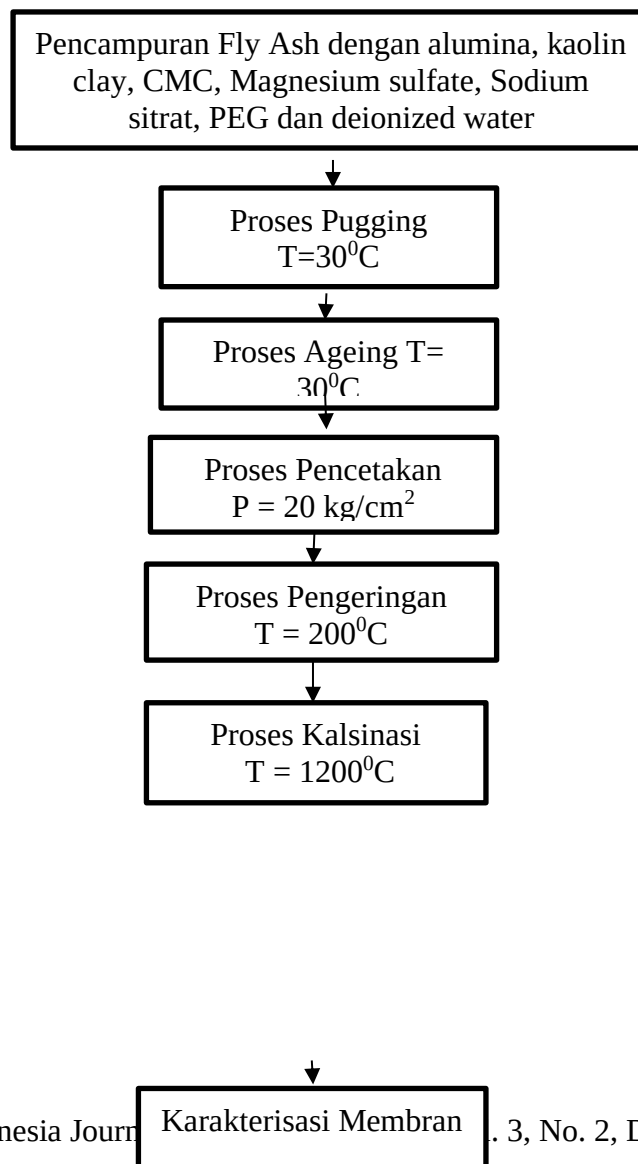
Jv : fluks volume (L/m² jam)

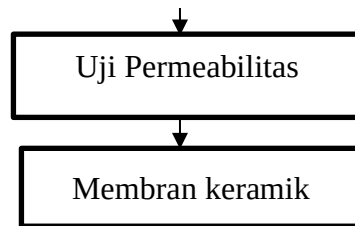
A : luas permukaan (m²)

t : waktu (jam)

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium proses Universitas Pandanaran, peralatan yang digunakan dalam penelitian ini diantaranya adalah cetakan membran, oven, furnace, magnetic stirer, dan beaker glass, cawan, dan gelas ukur. Bahan Utama dan pembantu yang digunakan adalah Fly Ash, Kaolin Clay, Alumina (Al₂O₃), Carboxymethyl Cellulose (CMC), Magnesium Sulfat (MgSO₄), Sodium Citrate, Polyethylen Glicol (PEG), dan Deionized Water. Bahan utama yang digunakan pada penelitian ini adalah fly ash sebagai bahan baku yang diperoleh sebagai hasil samping dari pembakaran batubara di PT. PLTU Paiton Probolinggo Jawa Timur. Untuk diagram alir penelitian ditunjukkan pada gambar dibawah ini.





Pembuatan membran keramik ada beberapa tahapan langkah-langkah proses :

1. Bahan yang dipreparasi adalah fly ash. Fly ash diayak dengan shaker sampai ukurannya homogen 200 mesh.
2. Percobaan dimulai dengan mencampurkan bahan utama fly ash dengan bahan aditif berupa kaolin, alumina, magnesium sulfat, carboxymethyl cellulose, polyethylene glycol, dan sodium citrate. Masing-masing sesuai dengan komposisi yang ditentukan dicampur selama 15 menit.
3. Langkah selanjutnya adalah melakukan pugging pada campuran yang telah terbentuk selama 30 menit hingga membentuk pasta yang homogen dan halus. Pasta kemudian dibiarkan pada suhu kamar dan dijauhkan dari sinar matahari langsung selama 30 menit (proses ageing), kemudian dicetak dengan tekanan tertentu menjadi lembaran-lembaran (flat).
4. Hasil cetakan ini selanjutnya dikeringkan pada suhu 2000C selama satu jam untuk menghilangkan kandungan organiknya. Setelah itu membran dikalsinasi pada suhu 1200⁰C selama 7 jam.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengaruh Komposisi Fly Ash Terhadap Permeabilitas

komposisi Fly Ash berpengaruh pada permeabilitas membran. Permeabilitas merupakan kemampuan suatu membran untuk dilewati suatu jarak. Hasil analisa bahan baku fly ash PLTU Paiton Probolinggo Jawa Timur dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Kandungan fly ash

No	Kode Sampel	Al ₂ O ₃	SiO ₂
1	Slurry	3.25	39.12
2	3 : 30 ⁰ C	5.93	38.40
3	3 : 80 ⁰ C	4.87	40.25
4	6 : 30 ⁰ C	5.10	41.30
5	6 : 80 ⁰ C	4.70	40.36
6	40 kh2 3 jam + alumina	9.89	43.09

7	Gel heating + 3jam	8.43	37.15
8	Fly Ash	8.13	47.26
9	40 kh2 6jam + alumina	9.34	42.88
10	Larutan AAS	1.09	2.30

Dari hasil analisa bahan baku dapat dilihat bahwa Fly Ash layak digunakan sebagai bahan membran keramik karena kandungan Al_2O_3 dan SiO_2 cukup tinggi. Konsentrasi coating juga berpengaruh terhadap fluks membran. Fluks air atau kecepatan permeasi juga merupakan salah satu parameter yang menentukan kinerja membran, hasil penelitian dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Hasil penelitian berdasarkan konsentrasi

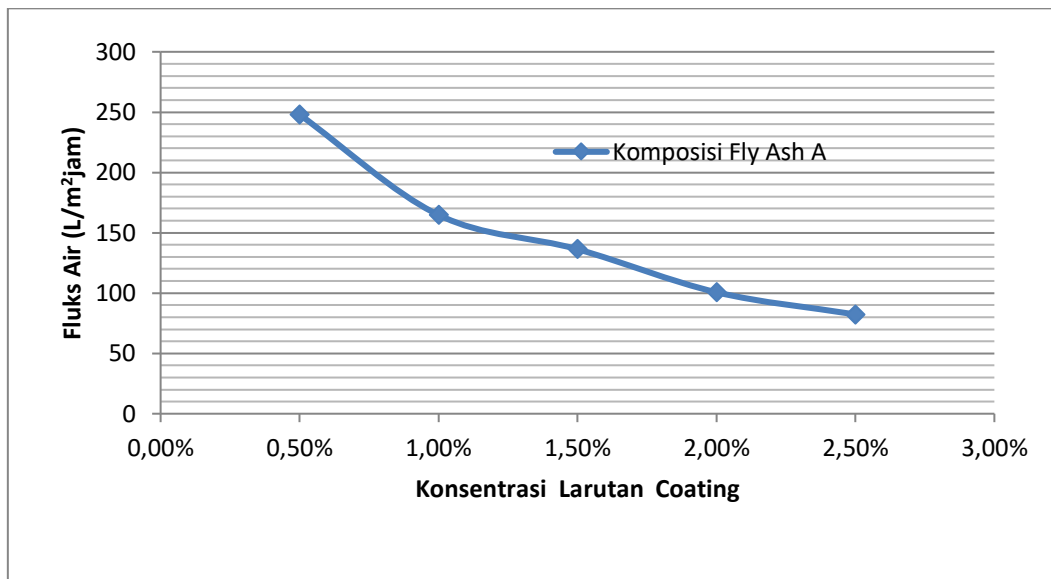
Konsentrasi Larutan Coating (%)	Komposisi Fly Ash A (L/m^2jam)	Komposisi Fly Ash B (L/m^2jam)	Komposisi Fly Ash C (L/m^2jam)
0,5%	247,98	210,86	124,74
1%	164,78	132,09	86,11
1,5%	136,35	94,31	59,94
2%	100,68	62,40	36,58
2,5%	82,31	44, 96	26,00

Berdasarkan hasil penelitian diperoleh pada tabel 2. menunjukkan fluks pada komposisi Fly Ash A dengan konsentrasi larutan coating terendah 0,5% yaitu 247,98 L/m^2jam dan konsentrasi larutan coating tertinggi 2,5% yaitu 82,31 L/m^2jam . Fluks komposisi Fly Ash B dengan konsentrasi larutan coating terendah 0,5% yaitu 210,86 L/m^2jam dan konsentrasi larutan coating tertinggi 2,5% yaitu 44,98 L/m^2jam . Fluks komposisi Fly Ash C dengan konsentrasi larutan coating terendah 0,5% yaitu 124,74 L/m^2jam dan konsentrasi larutan coating tertinggi 2,5% yaitu 26,00 L/m^2jam . Hal tersebut menunjukkan semakin kecil komposisi Fly Ash pada kode A, maka semakin besar hasil laju alir yang diperoleh dibandingkan dengan komposisi Fly Ash kode B dan komposisi Fly Ash kode C yang semakin menurun. Adanya perbedaan pada masing-masing kode ini di sebabkan karena pada proses penataan ulang pori-pori membran dan sintering pada suhu tinggi yang dapat mempengaruhi kerapatan dan porositas pada membran keramik.

Pengaruh Konsentrasi Larutan Coating Terhadap Permeabilitas.

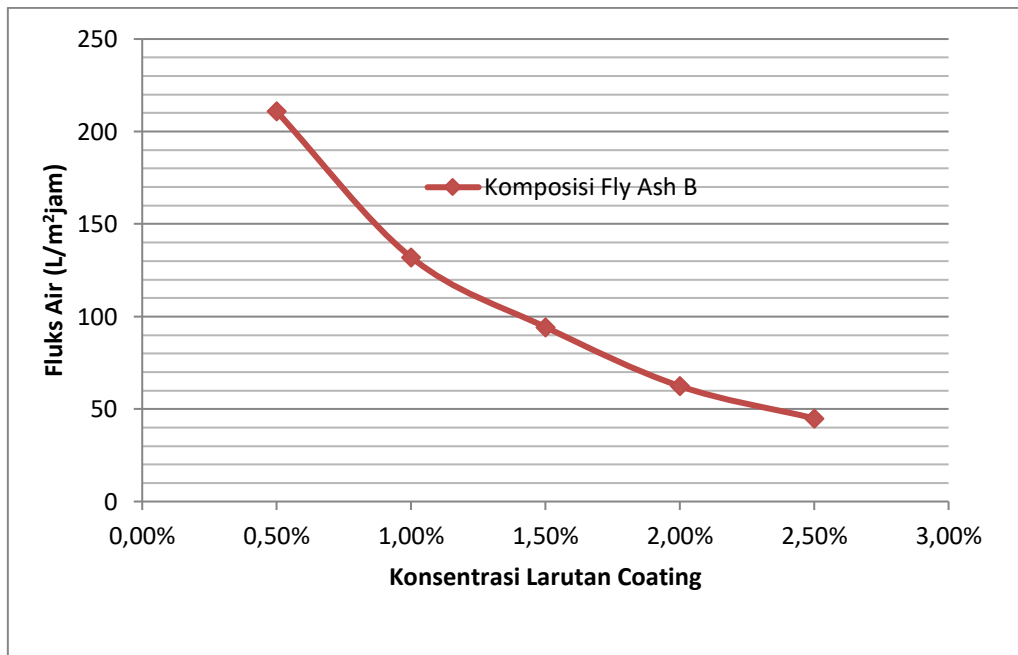
Konsentrasi larutan coating juga berpengaruh terhadap fluks. Penentuan fluks air dengan mengukur banyaknya volume air yang melewati tiap satuan luas permukaan membran per satuan waktu. Gambar grafik hubungan antara komposisi Fly Ash dengan larutan coating

yang mempunyai variasi konsentrasi larutan coating sangat mempengaruhi permeabilitas membran, dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



Gambar 1. Grafik Hubungan Komposisi Fly Ash A dengan Konsentrasi Larutan Coating

Berdasarkan hasil penelitian pada gambar 1. grafik hubungan komposisi Fly Ash A dengan konsentrasi Larutan Coating menunjukkan hasil angka pada konsentrasi terendah 0,5% yaitu 247,98 L/m²jam dan konsentrasi tertinggi 2,5% yaitu 82,31 L/m²jam. Adanya penurunan pada hasil yang diperoleh disebabkan karena besarnya permeabilitas terhadap air dari film yang dibuat dari berbagai macam konsentrasi larutan coating. Semakin tinggi konsentrasi coating, semakin rendah permeabilitas film. Hal ini disebabkan semakin tinggi konsentrasi coating maka viskositas larutan semakin tinggi sehingga tahanan yang ditimbulkan film juga semakin tinggi dan laju volumetrik air menjadi semakin kecil, pada konsentrasi larutan diatas 1,5%, larutan coating tidak bisa larut sempurna sehingga film yang dihasilkan tidak homogen dan berpori, hal ini akan berakibat pada peningkatan laju alir



Gambar 2. Grafik Hubungan Komposisi Fly Ash B dengan Konsentrasi Larutan Coating

Berdasarkan hasil penelitian pada gambar 2. grafik hubungan komposisi Fly Ash B dengan konsentrasi Larutan Coating menunjukkan hasil angka pada konsentrasi terendah 0,5% yaitu 210,86 L/m²jam dan konsentrasi tertinggi 2,5% yaitu 44,96 L/m²jam. Pada penggunaan konsentrasi larutan coating 2% dan 2,5% membutuhkan waktu pengadukan yang lebih lama dibandingkan dengan konsentrasi 0,5% , 1% dan 1,5%. Peningkatan permeabilitas membran larutan konsentrasi 0,5%, 1% dan 1,5% dapat terjadi karena larutan coating telah larut lebih sempurna dibandingkan dengan konsentrasi konsentrasi 2% dan 2,5%. Struktur dan pori membran dipengaruhi oleh massa pada larutan coating. Semakin besar konsentrasi larutan coating 2% dan 2,5% akan menghasilkan membran dengan sruktur lebih berpori, sehingga gelembung-gelembung udara yang terperangkap didalam larutan saat dilapiskan lebih banyak dan terlihat membran tidak rata. Hal ini dapat menyebabkan ketidakstabilan pada uji permeabilitas.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Salah satu pemanfaatan penelitian ini adalah memanfaatkan limbah abu batubara (fly ash) menjadi membran yang dapat meningkatkan nilai ekonomis, serta mengurangi dampak buruk terhadap lingkungan.
2. Membran ini di aplikasikan sebagai filtrasi atau penyaringan, karena hanya molekul – molekul dengan ukuran tertentu yang dapat melewati membran sedangkan sisanya akan tertahan di permukaan membran.

3. Tujuan dilakukan karakterisasi membran dengan uji permeabilitas adalah untuk menghasilkan produk membran support keramik yang mempunyai kinerja optimum.
4. Uji permeabilitas terhadap peningkatan komposisi Fly Ash mempengaruhi morfologi pada membran keramik. Semakin tinggi konsentrasi Fly Ash maka semakin kecil pori-pori yang terbentuk. Hal ini menyebabkan fluks yang diperoleh semakin kecil.
5. Konsentrasi larutan coating dengan konsentrasi 0,5% , 1% , 1,5% , 2% , 2,5% juga sangat mempengaruhi fluks yang dihasilkan. Semakin tinggi konsentrasi larutan coating menyebabkan penurunan pada permeabilitas dan menunjukkan semakin kecil fluks yang dihasilkan.
6. Dari hasil yang diperoleh dari grafik dengan komposisi Fly Ash yang berbeda-beda menunjukkan bahwa penambahan pada komposisi Fly Ash C lebih stabil dibandingkan dengan komposisi Fly Ash A maupun B. Hal ini dikarenakan kerapatan pori-pori yang disebabkan penambahan Fly Ash.

Pelaksanaan Kesehatan dan keselamatan kerja perlu ditingkatkan lagi untuk menuju *zero accident*.

DAFTAR PUSTAKA

Aquado S., S. Gascon, J. C. Jansen, dan F. Kaptein (2009), *Continuous Synthesis of NaA Zeolite Membranes*, Journal of Microporous Materials. 120: 170-176.

Ahmaruzzaman, M. (2010), *A Review on The Utilization of Fly Ash*, Journal of Progress in Energy and Combustion Science, 36 : 327-363

Asmatulu, R. (2013), *Removal of The Discoloring Contaminants of An east Georgia Kaolin Clay and Its Dewatering*, Turkish J. Eng. Env.Sci. 26: 447-453

Ahmad, Syahril, (2014), *Karakterisasi Membran Serat Berongga Polisulfon Asam Malat dengan Metode Scanning Electron Microscope*, Journal Sains Materi Indonesia, Vol. 15, No.3, 171- 175

Astuti, W., A. Prasetya, E. T. Wahyuni dan I. M. Bendiyasa. (2011), *The Adsorptions of Lead From Aqueous Solutions Using Coal Fly Ash: Effect Of World Academy of Science Engineering and Tecnology* 5(6) ;805-810.

Apriyanti, E., Hadiyanto, & Wijayanto, W. (2018). *Preparation and Characterization of Volcanic Ash-chitosan Composite Ceramic Membrane for Clean Water Production*. Journal of Environmental Science and Technology, 11(3), pp. 112–118.

Bunaciu, A. A., Udriștioiu, E. G., & Aboul-Enein, H. Y. (2015), *X-ray Diffraction: Instrumentation and Applications*, Critical Reviews in Analytical Chemistry, 45(4), 289–299.

Chen, M., Heijman, S. G. J., & Rietveld, L. C. (2021). *State-of-the-Art Ceramic Membranes for Oily Wastewater Treatment: Modification and Application*. Membranes, 11(11), Article 11.

Chathurappan, R., & Jayapal, A. (2022). *Synthesis and characterization of coal fly ash based multipurpose ultrafiltration membrane*. Materialia, 25, 101548.

Chasri N (2015), *The Utilization of Coal Fly Ash as Ceramic Membranes for the Unit of Peat Water Treatment* J. Dinamika Kim. 26(2),pp.95-105

Dong, Y., Wu, H., Yang, F., & Gray, S. (2022). *Cost and efficiency perspectives of ceramic membranes for water treatment*. Water Research, 220, 118629.

Ediz, N., Tatar, I., & Aydin, A. (2015). *The Use of Alunitic kaolin in The Production of Ceramic Membrane Support*, Journal of Ceramic Processing Reseach, 16(1), 129–136.

Fang, J., G.Qin, W.Wei, dan X.Zhao (2011), *Preparation and Characterization of Tubular Supported Ceramic Microfiltration Membranes from Fly Ash*, Journal of Separation and Purification Technology. 80: 585-591

.