

# PENGARUH POROUSITAS MEMBRAN TERHADAP LAJU ALIRAN HASIL *FILTRASI* ROTATING FILTER PADA ALIRAN *TAYLOR COUETTE POISEUILLE*

**SARIP**

Jurusan Teknik Mesin, Sekolah Tinggi Teknologi Ronggolawe Cepu  
Jl. Kampus Ronggolawe Blok B/I Mentul Cepu 58315 Telp. (0296) 422322.  
e-mail: [hidayatullohsarip566@gmail.com](mailto:hidayatullohsarip566@gmail.com)

## ABSTRAK

Porositas membrane merupakan diameter lubang yang berfungsi untuk menahan dan meloloskan partikel zat yang mengalir. Penelitian menggunakan silinder konsentris yang silinder bagian dalam diam dan berputar berfungsi sebagai membrane. Tujuan penelitian untuk mengetahui pengaruh porositas membran terhadap laju aliran hasil penyaringan (*Filtrasi*). Variasi porositas membran yang digunakan adalah: 1  $\mu\text{m}$ , 3  $\mu\text{m}$ , dan 5  $\mu\text{m}$  dengan kondisi campuran fluida pada suhu 14°C dan tekanan operasi 77 kPa dengan debit umpan  $Q_{\text{feed}} = 0,2$  gpm. Hasil laju aliran filtrasi terhadap waktu pada kondisi membrane diam dan berputar menunjukkan hasil bahwa: (7,047 L/m<sup>2</sup>.mnt; 7,047 L/m<sup>2</sup>.mnt; 7,143 L/m<sup>2</sup>.mnt) dan (7,066 L/m<sup>2</sup>.mnt; 7,162 L/m<sup>2</sup>.mnt; 7,259 L/m<sup>2</sup>.mnt). Meningkatnya porositas diikuti meningkatnya laju aliran karena diameter lubang membrane meningkat dan menurunkan laju aliran seiring bertambahnya waktu karena meningkatnya jumlah partikel yang menempel pada dinding membrane.

*Key word:* Laju Aliran, Porositas membrane, Rotating Filter.

## Abstract

Membrane porous is the diameter of the hole which serves to hold and pass particles of substances that flow. The study used concentric cylinders whose inner cylinders are still and rotating to function as membranes. The purpose of this study was to determine the effect of membrane porosity on the filtering flow rate. The porous variations of the membrane used are: 1  $\mu\text{m}$ , 3  $\mu\text{m}$ , and 5  $\mu\text{m}$  under fluid mixture conditions at 14°C and operating pressure 77 kPa with feed discharge ( $Q_{\text{feed}} = 0.2$  gpm). The results of the filtration flow rate with respect to the time in the stationary and rotating membrane conditions show that: (7,047 L/m<sup>2</sup>.mnt; 7,047 L/m<sup>2</sup>.mnt; 7,143 L/m<sup>2</sup>.mnt) and (7,066 L/m<sup>2</sup>.mnt; 7,162 L/m<sup>2</sup>.mnt; 7,259 L/m<sup>2</sup>.mnt). The increase in porous is followed by an increase in flow rate because the diameter of the hole membrane increased and the flow rate decreases with increasing time due to the increasing number of particles attached to the membrane wall.

*Keyword:* Flow rate, Porous of the membrane, Rotating filter.

## 1. PENDAHULUAN

Membran merupakan padatan polimer tipis yang berupalapisan permeabel atau semipermeabel yang berfungsi untuk menahan pergerakan zat tertentu (Scott dkk., 1996). Operasi membran merupakan suatu proses pemisahan dua atau lebih komponen fluida yang mengalir melalui suatu membran. Fungsi membran sebagai penghalang tipis yang sangat selektif di antara dua fasa, untuk melewatkan komponen tertentu dan menahan komponen lain dari suatu aliran fluida yang dilewatkan melalui membran (Mulder, 1996).

Ketebalan membran bervariasi dari 100  $\mu\text{m}$  sampai beberapa milimeter (Pabby dkk., 2009). Membran juga berfungsi memisahkan material berdasarkan ukuran dan bentuk molekul, menahan komponen dari umpan yang mempunyai ukuran lebih besar dari pori-pori membran dan melewatkan komponen yang mempunyai ukuran yang lebih kecil.

Filtrasi dengan menggunakan membran selain berfungsi sebagai sarana pemisahan juga berfungsi sebagai sarana pemekatan dan pemurnian dari suatu larutan yang dilewatkan pada membran tersebut. Proses pemisahan pada membran terjadi karena adanya proses fisika-kimia antara membran dengan komponen yang akan dipisahkan serta adanya gaya dorong yang berupa gradien konsentrasi ( $\Delta C$ ), gradien tekanan ( $\Delta P$ ) dan gradien potensial ( $\Delta \Phi$ ) (Malleval dkk., 1996).

Nadir Dizgedkk. (2011) melakukan penelitian-porousitas membran dan kondisi operasi terhadap fluks-penyaringan. Fluida umpan yang telah dicampur dilewatkan melalui dua membran dengan ukuran porousitas 0,1  $\mu\text{m}$  dan 0,025  $\mu\text{m}$ , menunjukkan hasil bahwa fluks-penyaringan pada membran yang lebih besar menghasilkan fluks 2-3 kali lebih besar dibandingkan pada membran yang lebih kecil.

Kuo-Jen Hwang dkk. (2008) meneliti pengaruh ukuran pori-pori membran dan kondisi operasi dengan

fouling partikel pada mikrofiltrasi “dead-end” memakai model membran blocking. Dalam penelitian ini Kuo-Jen Hwang menggunakan dua membran (Isopore® membrane) dengan diameter pori rata-rata 0,2  $\mu\text{m}$  dan 0,4  $\mu\text{m}$ , keduanya digunakan untuk menyaring 0,15  $\mu\text{m}$  partikel polimetilmetakrilat. Partikel polimetilmetakrilat dengan diameter rata-rata 0,15  $\mu\text{m}$  dan densitas 1210  $\text{kg}/\text{m}^3$  inididispersikan dalam air deionisasi. Suspensi di jagapada pH 7 dan suhu 20°C. Dari penelitian ini diperoleh hasil bahwa *blocking index* untuk membran 0,4  $\mu\text{m}$  selalu lebih besar dari membran 0,2  $\mu\text{m}$  pada kondisi tekanan dan fluks penyaringan yang sama. Hal ini disebabkan partikel lebih memblokir membran pada pori-pori membran yang lebih besar dan partikel lebih terakumulasi pada volume pori yang lebih besar.

*Rotating Filter* merupakan membran berputar yang terdiri dari dua silinder konsentris yang bagian dalam berputar dan bagian luar diam. Gerak aliran sekunder dalam celah sempit silinder konsentris berkembang ketika silinder bagian dalam mencapai kecepatan kritis tertentu yang merupakan aliran *Taylor Vortex*.

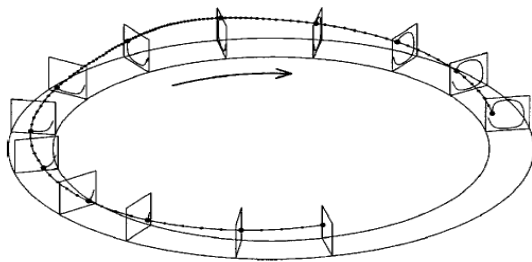
Aliran *Taylor Vortex* terdiri dari struktur pusaran toroidal yang ditandai dengan angka Taylor ( $Ta$ ).

$$Ta = \frac{R_1 \omega d}{\nu} \times \sqrt{\frac{d}{R_1}} \quad (1)$$

Aliran sekunder di antara dua silinder konsentris yang berputar muncul ketika  $Ta > 41.3$  (Taylor, 1923). Lima jenis aliran terjadi berturut-turut seiring peningkatan  $Ta$  adalah laminar, laminar dengan *Taylor vortex*, transisi dengan *Taylor vortex*, turbulensi dengan *Taylor vortex*, dan turbulen (Kawase dkk., 1988).

Keuntungan dari *rotating filter* adalah penyumbatan yang terjadi pada pori-pori membran lebih kecil dibandingkan dengan penyaringan membran biasa. Hal ini terjadi karena 3 mekanisme, *Taylor Vortex* mungkin menggosok permukaan filter dan mencuci partikel dari pori-pori membran, gaya sentri-

fugal yang muncul dapat mengurangi sedimentasi yang terjadi pada permukaan membran, dan akibat dari gaya geser yang tinggi menyebabkan partikel menjauhi filter (Wereley, 1994).



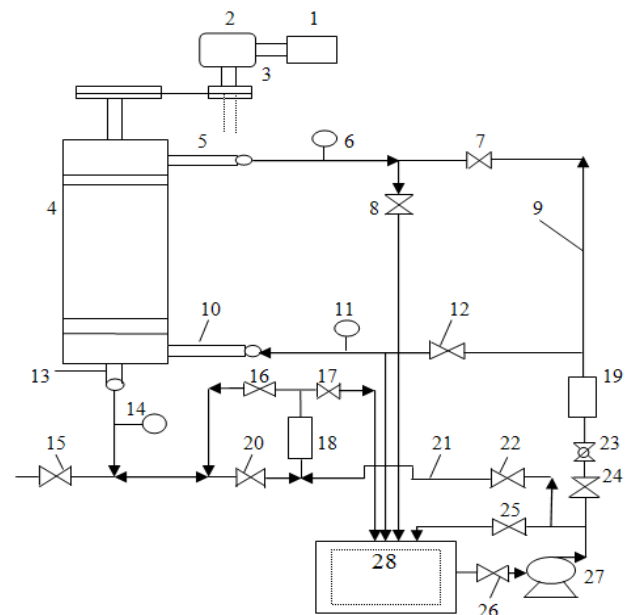
Gambar 3.4 Arah pergerakan partikel pada aliran Taylor Couette (Wereley, 1999)

## 2. METODE

### a. Bahan

1. Air sebagai fluida kerja dengan densitas:  $1000 \text{ kg/m}^3$  dan Viskositas dinamik :  $1,002 \times 10^{-3} \text{ N.s/m}^2$ , Viskositas kinematik :  $1,004 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ .
2. Serbuk plastik berfungsi sebagai bahan campuran untuk air dengan konsentrasi 2 gr serbuk plastik-tiap 1 liter air. Ukuran serbuk plastik  $98 \mu\text{m} - 212 \mu\text{m}$  dengan massa jenis  $1010 \text{ kg/m}^3$  dan mendekati massa jenis air yang besarnya  $999,12 \text{ kg/m}^3$ . Sifat-sifat fluida campuran mendekati sifat-sifat air dengan massa jenis  $999,16 \text{ kg/m}^3$  dan viskositas dinamis  $1,002 \times 10^{-3} \text{ N.s/m}^2$ .

### b. Skema Alat Penelitian



### Keterangan :

- |                          |                        |
|--------------------------|------------------------|
| 1. Inverter.             | 17. Gate valve.        |
| 2. Motor listrik.        | 18. Flow meter keluar. |
| 3. Pully transmisi.      | 19. Flow meter masuk.  |
| 4. Seksi uji.            | 20. Gate valve.        |
| 5. Effluent.             | 21. Flushing.          |
| 6. Pressure transducer.  | 22. Gate valve.        |
| 7. Gate valve.           | 23. Globe valve.       |
| 8. Gate valve.           | 24. Gate valve.        |
| 9. Flushing              | 25. Gate valve.        |
| 10. Influent.            | 26. Gate valve.        |
| 11. Pressure gauge.      | 27. Pompa.             |
| 12. Gate valve.          | 28. Reservoir.         |
| 13. Filtrat.             |                        |
| 14. Pressure transducer. |                        |
| 15. Gate valve.          |                        |
| 16. Gate valve.          |                        |

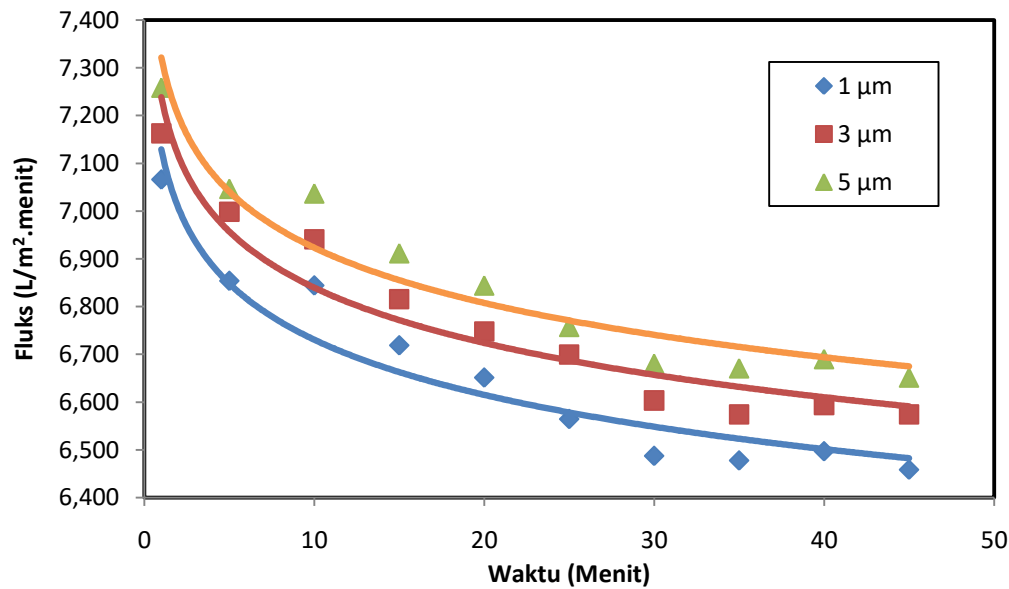
## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

- a. Hasil pengujian variasi porositas membran (1, 3, 5) mikron dengan kecepatan putar 58,26 Rpm

Tabel 1. Hasil pengujian dengan variasi porositas membran

Porositas (μm)	Fluks (L/m <sup>2</sup> .mnt)									
	Waktu (menit)									
	1	5	10	15	20	25	30	35	40	45
1	7.066	6.854	6.844	6.719	6.652	6.565	6.488	6.478	6.497	6.459
3	7.162	6.999	6.941	6.815	6.748	6.700	6.603	6.574	6.594	6.574
5	7.259	7.047	7.037	6.912	6.844	6.758	6.680	6.671	6.690	6.652

Hasil pengujian variasi porositas membran bila disajikan dalam bentuk grafik adalah sbb:



Gambar 1. Flux penjarangan vs waktu dengan variasi porositas membran.

Hasil alajualiran (fluks) pada proses filtrasi atau penjarangan dengan memvariasikan ukuran porositas membran disajikan pada gb. 1 menunjukkan bahwa: ukuran porositas membran meningkatkan laju alajualiran filtrasi semakin tinggi karena volume fluida yang melewati lubang-

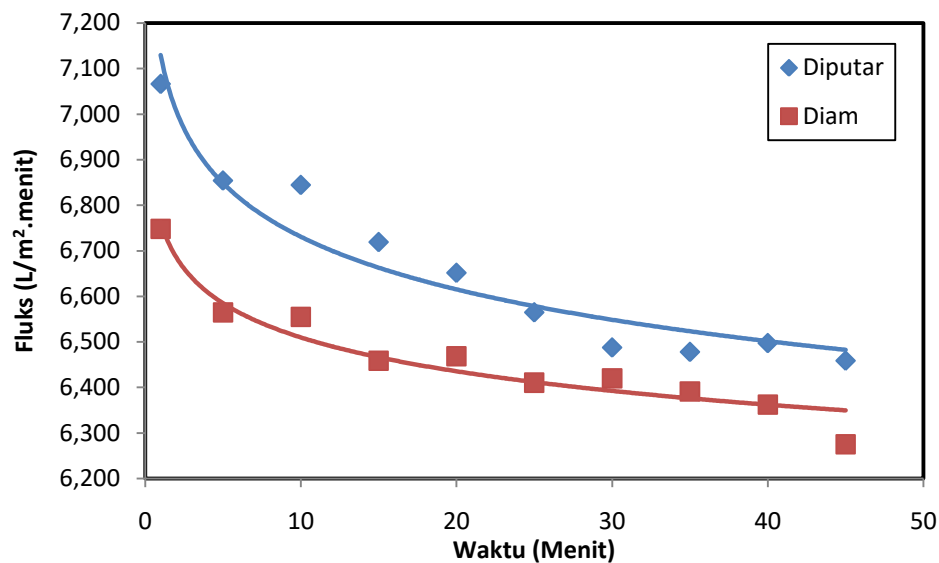
semakin tinggi. Seiring bertambahnya waktu filtrasi hasil alajualirannya menurun pada semua ukuran membran karena semakin banyak partikel yang menempel pada dinding membran yang mengganggu jalannya aliran fluida.

- b. Hasil pengujian membran pada kondisi diam dan berputar dengan porositas 1 mikron

Tabel 2 Hasil pengujian kondisi membran berputar dan diam

Kondisi	Fluks (L/m <sup>2</sup> .mnt)									
	Waktu (menit)									
	1	5	10	15	20	25	30	35	40	45
Diputar	7.066	6.854	6.844	6.719	6.652	6.565	6.488	6.478	6.497	6.459
Diam	6.748	6.565	6.555	6.459	6.468	6.411	6.420	6.391	6.362	6.276

Hasil pengujian kondisi membran berputar dan diam disajikan pada Tabel 2 dan bila dalam bentuk grafik maka tampak seperti pada gambar 2.



Gambar 2 Fluks penyaringan vs waktu pada proses penyaringan

Hasil penyaringan dengan kondisi membran berputar dan diam menunjukkan perbedaan yang signifikan karena saat membran berputar ada gaya *vortex* pada fluida yang sedang berputar dalam silinder konsentris. Gaya *vortex* tersebut berfungsi untuk menyapu partikel-partikel yang menempel pada dinding membran sehingga dapat memperpanjang umur pakai membran tersebut. Partikel fluida yang

berputar di antara dua silinder konsentris mempunyai gaya sentrifugal yang selalu menjauhi dinding silinder agar tidak terjadi *fouling* (penyumbatan).

*Fouling* akan menjadi masalah besar pada sistem filtrasi karena terjadinya penyumbatan membran sehingga umur pakainya semakin pendek terutama pada membran diam.

#### 4. SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian tentang rotating filter yang memvariasikan porositas membran jenis mikrofiltrasi dapat disimpulkan sebagai berikut:

a. Nilai laju aliran fluida/fluks hasil penyaringan meningkat terhadap peningkatan porositas membran. karena hambatan yang diakibatkan oleh membran berkurang seiring peningkatan porositas membran sehingga aliran fluida lebih mudah melalu membran.

b. Nilai laju aliran fluida/fluks hasil penyaringan membran berputar lebih baik daripada fluks membran diam, hal ini terjadi karena adanya pengaruh putaran silinder bagian dalam yang menimbulkan munculnya aliran *Taylor Vortex*. Aliran *Taylor Vortex* dapat menyapu dan membersihkan partikel yang menempel di permukaan membran karena adanya gaya masuk dan keluar lubang yang saling berpasangan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Andereck, C.D., Liu, S.S., Swinney, H.L. 1985. Flow regime in circular Couette system with independently rotating cylinder. *J. Fluid Mechanics*. Vol. 164 pp. 155-183.
- A. Rushton, A.S. Ward & R.G. Holdich. 1996. *Solid-Liquid Filtration and Separation Technology*. VCH Publishers, Inc, New York, NY (USA).
- Ken Sutherland 2008. *Filters and Filtration Handbook*. Fifth Edition BH.
- Lueptow, R.M., Docter, A., Min, K. 1992. Stability of axial flow in an annulus with a rotating inner cylinder. *Physics Fluid A*. Vol. 4 pp. 2446-2455.
- Lueptow, R.M., Min, K. 1994. Circular couette flow with pressure-driven axial flow and a porous inner cylinder. *Experiment in Fluids*. Vol. 17 pp. 190-197.
- Lueptow, R.M., Lee, S. 2004. Model Predictions and Experiments for Rotating Reverse Osmosis for Space Mission Water Reuse. *Separation Science and Technology*. Vol. 39, No.3, pp. 539-561.
- Wereley ST; Lneptow RM (1994) Azimuthal velocity in supercritical circular Couette flow. Submitted to *Exp Fluids*