

Pengaruh Porositas dan Kecepatan Putar Membran Terhadap Kinerja Rotating Filter

Prajitno¹, Yogapratama¹, Taufiq¹

¹Jurusan Teknik Mesin dan Industri Fakultas Teknik UGM
Jl, Grafika 2, Kampus UGM Bulaksumur Yogyakarta 55281
E-mail : prajitno72@yahoo.com

Abstrak

Mikrofiltrasi merupakan teknologi pengolahan air yang bekerja berdasarkan ukuran partikel. Mikrofiltrasi dapat menyaring partikel koloid, padatan tersuspensi, makromolekul, garam, dan mikroorganisme. Kelemahan mikrofiltrasi adalah terjadinya *fouling* pada permukaan filter yang dapat menurunkan nilai fluks dan efektivitas filter. Salah satu cara untuk menghambat terjadinya *fouling* adalah dengan menggunakan *rotating filter*. *Rotating filter* bekerja berdasarkan instabilitas aliran Taylor- Couette yang dapat membersihkan partikel yang menempel pada membran filtrasi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh porositas dan putaran terhadap fluks permeat. *Rotating filter* berupa filter berbentuk cartridge berdiameter luar 65 mm, diameter dalam 28 mm dan panjang 508 mm. Filter diletakkan di dalam silinder luar berdiameter dalam 90 mm, sehingga membentuk celah annulus sebesar 12,5 mm. Ukuran pori-pori filter adalah variasi antara 0,5 μm ; 1 μm ; 3 μm dan 5 μm . Variasi putaran yang digunakan adalah 0;20;39; dan 58 rpm. Umpan yang masuk ke seksi uji terdiri dari campuran serbuk plastik dan air dengan konsentrasi 2gr/l air. Percobaan berlangsung selama 60 menit dengan tekanan 100 kPa. Hasil penelitian menunjukkan bahwa fluks meningkat dengan kenaikan porositas karena tingkat resistensi membran untuk menahan partikel semakin kecil. Semakin bertambahnya kecepatan putar membran juga meningkatkan fluks permeat, karena *foulant* yang menempel dapat dibersihkan oleh aliran sekunder yang dihasilkan putaran membran.

Keywords: Mikrofiltrasi, *Rotating Filter*, Fluks, *Fouling*.

Pendahuluan

Air bersih merupakan kebutuhan dasar manusia yang harus dipenuhi dalam kehidupan sehari-hari. Namun tidak semua daerah memiliki sumber daya air yang baik untuk dikonsumsi. Daerah pesisir pantai, muara sungai, pulau-pulau kecil atau di tengah lautan lepas merupakan wilayah yang miskin air bersih.

Daerah perkotaan dan industri terkadang memiliki sumber air yang sudah tercemar oleh limbah industri ataupun rumah tangga yang dibuang ke sungai sehingga tidak layak untuk dikonsumsi. Dampak kemarau panjang hingga wabah banjir membuat masyarakat terpaksa untuk mengonsumsi air kotor. Dari timbulnya masalah pemenuhan kebutuhan air bersih tersebut maka diperlukan adanya solusi untuk menanggulangnya.

Menurut Lee(2010) penggunaan metode Reverse Osmosis untuk pengolahan air bersih meningkat dari tahun 1993 hingga 2003. Hal ini dikarenakan penggunaan metode Reverse Osmosis memiliki temperatur operasi yang rendah, konsumsi energi yang

rendah, dan biaya produksi air yang rendah dibandingkan dengan metode komersial yang lainnya. Metode reverse osmosis merupakan metode penyaringan yang menggunakan membran yang berfungsi sebagai media filtrasi. Zat pengotor, mikroorganisme, dan partikel koloid yang terkandung dalam air kotor yang masuk ke dalam sistem filtrasi akan tersaring sehingga didapatkan air bersih yang layak untuk dikonsumsi. Sistem pada metode reverse osmosis terdiri dari sistem pengolahan awal, membran reverse osmosis, dan pengolahan akhir.

Wenten(1999) menyebutkan bahwa *fouling* merupakan deposisi partikel pada permukaan membran yang terjadi karena adanya interaksi fisik dan kimiawi antara membran dan partikel yang terdapat dalam proses. Partikel yang terdeposisi pada permukaan membran yaitu seperti partikel koloid, makromolekul, bahan organik, garam, mikro organisme, dan padatan tersuspensi.

Menurut Qin dkk. (2009) terdapat beberapa strategi untuk mengatasi *fouling*, umumnya meliputi pengolahan awal yang dapat membersihkan penyebab *fouling* paling banyak dengan menggunakan

mikrofiltrasi, menaikkan kondisi operasi (termasuk fluks awal dan debit), memodifikasi membran filtrasi, dan lain sebagainya.

Penelitian ini difokuskan pada penggunaan mikrofiltrasi sebagai sistem pengolahan awal. Mikrofiltrasi ini didesain agar media membran berputar saat penyaringan untuk mengurangi penurunan fluks oleh polarisasi konsentrasi dan *fouling* pada membran. *Rotating filter* yang didasarkan pada instabilitas aliran Taylor-Couette menawarkan cara untuk meminimalkan penurunan fluks yang diakibatkan oleh polarisasi konsentrasi dan *fouling* membran, dan fluks meningkat seiring dengan meningkatnya tekanan transmembran dan kecepatan putaran (Lee,2001). Kajian teoritis terhadap kinerja Reverse-Osmoses (RO) putar berbasis aliran Couette-Taylor yang dilakukan oleh Lee dan Lueptow (2004) menunjukkan bahwa parameter-parameter operasional yaitu tekanan transmembran, kecepatan putar, dan debit konsentrat berpengaruh terhadap kinerja RO putar yang dinyatakan dengan fluks, rejeksi, *recovery*, dan konsumsi energi.

Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari pengaruh porositas dan kecepatan putaran membrane terhadap kinerja rotating filter yang difungsikan sebagai mikrofiltrasi.

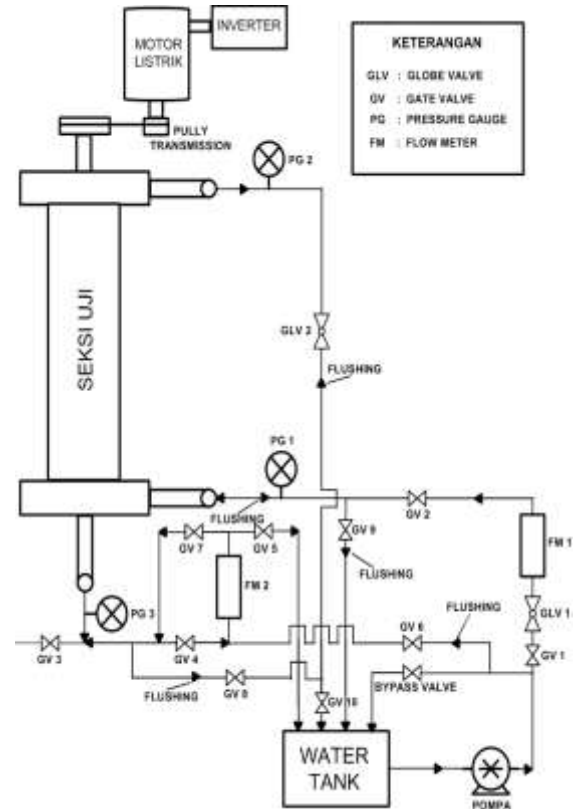
Metode Penelitian

Dalam penelitian ini fluida yang digunakan sebagai fluida kerja adalah campuran antara air dengan dengan serbuk plastik dengan konsentrasi serbuk plastik sebesar 2 gr untuk setiap 1 liter air. Butir serbuk plastik mempunyai ukuran (98 – 212) μm dengan massa jenis 1010 kg/m^3 , sedangkan massa jenis air adalah $999,12 \text{ kg/m}^3$. Sifat dari fluida campuran mendekati dengan sifat-sifat air yaitu dengan massa jenis $999,16 \text{ kg/m}^3$ dan viskositas dinamis $1,002 \times 10^{-3} \text{ Pa.s}$ pada suhu 25°C .

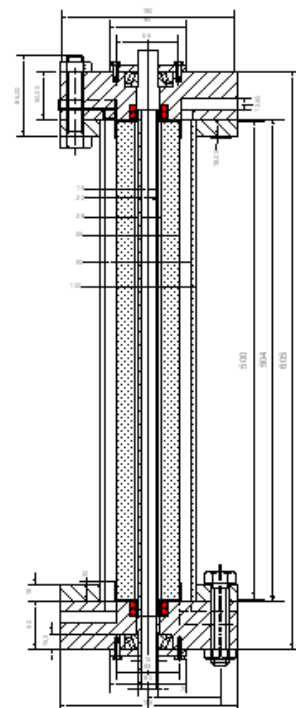
Skema dan instalasi alat yang akan digunakan dalam penelitian dapat dilihat dalam Gambar 1. Air umpan disirkulasi dari tangki penampung menggunakan pompa torak melalui flow meter (FM1) menuju ke seksi uji. Di dalam seksi uji, air umpan mengalami proses filtrasi. Hasil filtrasi yang disebut juga permeat mengalir menembus membran dan melalui flow meter (FM2) menuju ke tangki pemampung.

Seksi uji berupa rotating filter yang menggunakan silinder luar dari bahan acrylic dengan diameter luar 100 mm, dan tebal 5 mm, dan silinder dalam adalah membran berbentuk *cartridge* dengan diameter luar 65 mm dan diameter dalam 28 mm. *Cartridge* dipasang pada poros berlubang yang berfungsi untuk

mengalirkan permeat. Bagian atas poros dihubungkan ke motor penggerak melalui transmisi belt. Variasi putaran filter diperoleh dengan cara mengubah frekuensi listrik yang memutar motor penggerak menggunakan inverter.



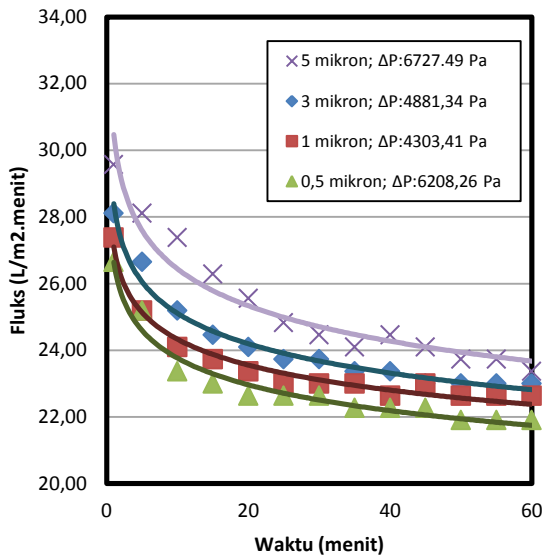
Gambar 1. Skema Alat Penelitian



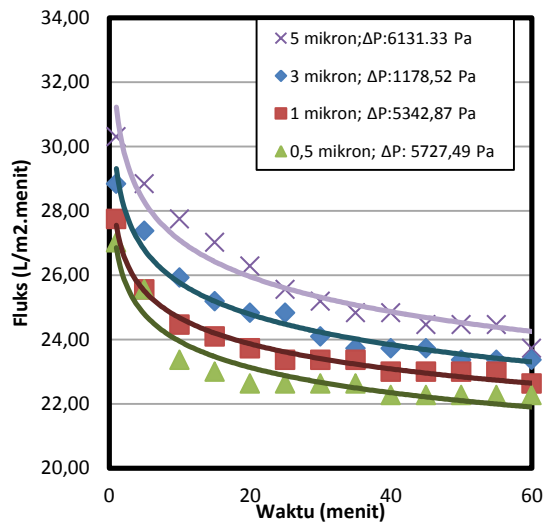
Gambar 2. Seksi Uji Alat

Hasil Dan Pembahasan

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan membran yang memiliki porositas membran 0,5 μm ; 1 μm ; 3 μm ; dan 5 μm . Penelitian dilakukan dengan tekanan operasi sebesar 100 kPa, debit umpan $Q_{\text{feed}} = 1$ gpm, dan suhu campuran fluida 25°C. Hasil pengambilan data fluks terhadap waktu pada kecepatan putar membran sebesar 0 rpm, 20 rpm, 39 rpm, dan 58 rpm, adalah sebagai berikut.



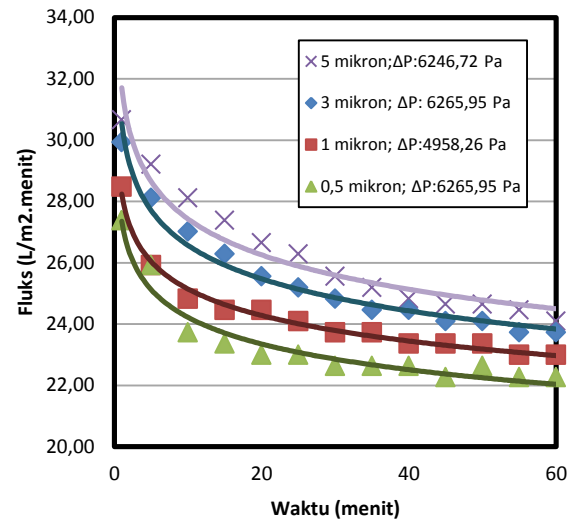
Gambar 3. Hubungan fluks filtrasi dengan waktu dan variasi porositas membran pada putaran 0 rpm



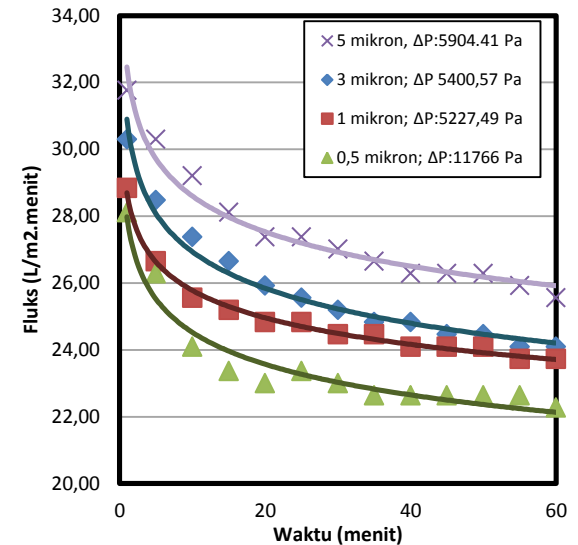
Gambar 4. Hubungan fluks filtrasi dengan waktu dan variasi porositas membran pada putaran 20 rpm

Dari hasil penelitian tampak pada Gambar 3, Gambar 4, Gambar 5, dan Gambar 6, tampak bahwa nilai fluks cenderung semakin menurun seiring dengan waktu percobaan. Hal ini terjadi karena adanya pengendapan partikel serbuk plastik pada permukaan membran yang menyebabkan aliran

masuk melalui pori-pori membran filtrasi terganggu. Peristiwa menurunnya kinerja membran filtrasi karena adanya penyumbatan pori-pori membran filtrasi dapat disebut dengan *fouling*.



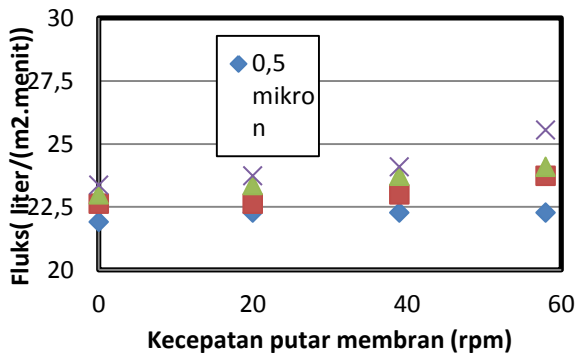
Gambar 5. Hubungan fluks filtrasi dengan waktu dan variasi porositas membran pada putaran 39 rpm



Gambar 6. Hubungan fluks filtrasi dengan waktu dan variasi porositas membran pada putaran 58 rpm

Pada Gambar 3, Gambar 4, Gambar 5 dan Gambar 6, tampak juga bahwa semakin besar tingkat porositas membran, maka fluks yang dihasilkan juga semakin tinggi. Hal ini kemungkinan terjadi karena hambatan aliran fluida yang melewati membran berkurang yang disebabkan oleh ukuran pori-pori yang lebih besar sehingga jumlah aliran yang dapat melewati membran juga semakin besar. Jadi, semakin besar tingkat porositas membran, maka fluks yang dapat dihasilkan juga semakin besar.

Gambar 7 menunjukkan pengaruh kecepatan putaran membrane terhadap fluks setelah filter beroperasi selama 60 menit.



Gambar 7. Hubungan fluks filtrasi dengan kecepatan putar membran dan variasi porositas membran setelah 60 menit.

Putaran filter (0 – 58) rpm menghasilkan bilangan Taylor, $Ta = 0 - 1395$. Bilangan Taylor dihitung dengan persamaan:

$$Ta = \frac{\rho \omega R_1 d}{\mu} \sqrt{\frac{2d}{R_1 + R_2}} \quad (1)$$

Pada putaran sebesar 20 rpm menghasilkan bilangan Taylor, $Ta = 481$ yang telah melampaui bilangan Taylor kritisnya sebesar $Ta_c = 48$, sehingga filter beroperasi dengan pola aliran vortex-Taylor bergelombang.

Dalam filtrasi putar yang berbasis aliran Couette-Taylor, gerakan partikel di dalam suspensi tergantung pada sedimentasi sentrifugal dan perpindahan akibat gerakan vortex-Taylor. Gerakan partikel yang densitasnya lebih besar daripada cairan ditentukan oleh kompetisi antara sedimentasi sentrifugal yang berkaitan dengan aliran Couette melingkar, dan gerakan aksial dan radial dari aliran vortex-Taylor. Partikel yang berada di sisi luar vortex bergerak spiral masuk, sedangkan partikel yang berada di dekat pusat vortex bergerak spiral ke arah luar vortex. Walaupun terdapat aliran radial melalui filter, partikel masih dapat berada di zona yang jauh dari permukaan filter. Dengan demikian, dinamika medan aliran mengakibatkan partikel cenderung terlempar menjauh dari permukaan, sehingga filter terhindar dari penyumbatan oleh partikel. Vortex-Taylor juga menimbulkan geseran yang kuat pada permukaan filter sehingga terjadi penurunan *fouling* yang sangat signifikan, dan kinerja filter meningkat. Suspensi yang bergerak aksial di dalam annulus menimbulkan geseran aksial sehingga juga mempunyai efek membersihkan permukaan filter. Tampak pada Gambar 7 bahwa fluks meningkat

dengan bertambahnya kecepatan putaran karena vortisitas makin kuat.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut.

1. Fluks meningkat dengan bertambahnya ukuran porositas membran filtrasi, karena hambatan membrane makin kecil
2. Fluks meningkat dengan bertambahnya kecepatan putaran membran filtrasi, karena semakin cepat putaran membran maka vortisitas makin kuat

Nomenklatur

- d jarak celah annulus (m)
R jari-jari atau radius (m)
 Ta bilangan Taylor

Greek letters

- ρ densitas (kg m^{-3})
 μ viscositas dinamis (Pa.s)
 ω kecepatan sudut (rad s^{-1})

Subsripts

- 1 silinder bagian dalam
- 2 silinder bagian luar

Referensi

- Lee, C.J., Chen, Y.S., Wang, G.B., , A Dynamic Simulation Model of Reverse Osmosis Desalination Systems, The 5th International Symposium on Design, Operation, dan Control of Chemical Process, Singapore(2010)
- Lee., S., Lueptow, R.M., Rotating Reverse Osmosis : a Dynamic Model for Flux and Rejection, Journal of Membrane Science, Vol. 192, pp. 129-143(2001).
- Lee, S. and Lueptow, R.M., Rotating reverse osmoses for water recovery in space: influence of operational parameters on RO performance, Desalination, Vol. 169, 109-120 (2004)
- Qin, J. Liberman, B. Kekre, K.A., Direct Osmosis for Reverse Osmosis Fouling Control: Principles, Application and Recent Developments, *The Open Chemical Engineering Journal*, Vol. 3, pp. 8 – 16(2009)
- Wenten, I.G. , *Teknologi Membran Industrial*. Institut Teknologi Bandung(1999)