

PENGOLAHAN LIMBAH CAIR LAUNDRY MENGGUNAKAN MEMBRAN NANOFILTRASI DENGAN KOAGULASI DAN FLOKULASI, DAN MIKROFILTRASI SEBAGAI PRETREATMENT

Mahendra Clever dan Okik Hendriyanto Cahyonugroho

Program Studi Teknik Lingkungan, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jawa Timur

Email: okhecah@gmail.com

ABSTRAK

Limbah cair laundry merupakan hasil buangan dari jasa laundry dimana limbah cair tersebut mengandung zat-zat diantaranya fosfat (P), kalsium (Ca), *carboxyl methyl cellulose* (CMC), minyak tumbuhan, pemutih pakaian, fosfat, surfaktan, SiO_3^{2-} , *Total Suspended Solid* (TSS), dan *Chemical Oxygen Demand* (COD). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi tekanan dan waktu operasi untuk menurunkan kadar COD, TSS, Fosfat, dan Deterjen. Metode yang digunakan menggunakan membrane microfilter dan nanofilter. Hasil terbaik yang didapatkan dari penelitian ini yaitu penyisihan COD, TSS, Fosfat, dan Deterjen pada tekanan 6 bar dan waktu operasi 140 menit yaitu memiliki persen rejeksi sebesar 89,15% ; 81,53 ; 60,20 ; 52,15 ; dengan konsentrasi COD, TSS, Fosfat, dan Deterjen secara berturut-turut sebesar 64 mg/L, 65 mg/L, 6,5 mg/L, 6,8.

Kata kunci: Nanofiltrasi (NF), Mikrofiltrasi (MF), Kadar COD, Kadar TSS, Kombinasi Membran.

ABSTRACT

Laundry liquid waste is the result of waste from laundry services where the liquid waste contains substances including phosphate (P), calcium (Ca), carboxyl methyl cellulose (CMC), plant oil, clothes bleach, phosphate, surfactant, SiO_3^{2-} . Total Suspended Solid (TSS), and Chemical Oxygen Demand (COD). This study was used to determine the effect of pressure variations and operating time to reduce levels of COD, TSS, Phosphate, and Detergent. The method used is a membrane micro filter and a nano filter. The best results obtained from this study were the removal of COD, TSS, Phosphate, and Detergent at a pressure of 6 bar and an operating time of 140 minutes, which had a rejection percentage of 89.15%; 81.53 ; 60.20 ; 52.15 ; with concentrations of COD, TSS, Phosphate, and Detergent respectively 64 mg/L, 65 mg/L, 6.5 mg/L, 6.8.

Keywords: *Nanofiltration (NF), Microfiltration (MF), COD level, TSS level, Combination of Membrane.*

PENDAHULUAN

Salah satu masalah yang dihasilkan oleh pertumbuhan signifikan layanan laundry di Indonesia adalah pencemaran air dari limbah laundry. Jasa laundry berkembang pesat di Indonesia karena penambahan penduduk berhubungan langsung dengan peningkatan permintaan barang dan jasa. Namun limbah yang dihasilkan dari sisa proses jasa laundry berpotensi mencemari air, karena jasa laundry menggunakan deterjen yang mengandung zat aktif permukaan (surfaktan), yang dapat mencemari badan air dan membahayakan biota air, tumbuhan, dan hewan, serta manusia yang mengkonsumsi air tersebut (Aliaman, 2017), dan juga limbah laundry kaya akan kandungan fosfat yang dapat menyebabkan eutrofikasi dan ledakan alga pada badan air jika tidak diolah (Puspitahati, 2012).

Limbah cair laundry memiliki kandungan zat-zat diantaranya fosfat (P), kalsium (Ca), *carboxyl methyl cellulose* (CMC), minyak tumbuhan, pemutih pakaian, surfaktan, SiO_2 -, *Total Suspended Solid* (TSS), dan *Chemical Oxygen Demand* (COD). Setiap jasa laundry dapat menghasilkan effluent berupa COD dengan konsentrasi 488-2847 mg/l dan suspended solid (SS) 38-857 mg/l, akan tetapi konsentrasi effluent dari jasa laundry tergantung pada kapasitas operasional jasa laundry, semakin besar kapasitasnya maka semakin besar pula konsentrasinya, dan sebaliknya (Setyobudiarso & Yuwono, 2014).

Pada penelitian (Aliaman, 2017) kandungan fosfat pada air limbah laundry ditemukan sebesar 40,20 mg/L, pada penelitian (Halim, 2014) kandungan fosfat ditemukan sebesar 30,35 mg/L, sedangkan pada penelitian (Astuti & Sinaga, 2015) kandungan fosfat ditemukan sebesar 19,1 mg/L.

Kondisi limbah cair laundry yang memiliki kandungan COD, TSS, Fosfat dan MBAS yang masih diatas ambang baku mutu, seharusnya dilakukan pengolahan yang mudah di implementasikan dengan ramah lingkungan, dan membutuhkan tidak terlalu banyak ruang (Aufiyah & Damayanti, 2013),

seperti pengolahan menggunakan filtrasi membran.

Fosfat merupakan sebuah ion poliatomik yang terdiri dari satu atom fosforus dan empat oksigen (Halim, 2014), fosfat tidak memiliki daya racun tetapi jumlahnya yang berlebihan dapat menyebabkan pencemaran air (Apriyani, 2017).

Filtrasi menggunakan membran mikrofiltrasi dapat menghilangkan koloid dan bahan terlarut seperti misalnya dalam proses pretreatment untuk selanjutnya dilakukan pengolahan lanjutan menggunakan proses membran lain (UF, NF, atau RO), dikarenakan membran mikrofiltrasi memiliki ukuran pori sebesar 0,05 – 10 μm (Mulder, 1996). Dan proses filtrasi menggunakan membran nanofiltrasi dapat menyaring limbah dengan kadar organik sangat tinggi, karena membran nanofiltrasi memiliki ukuran pori 0,001 μm (Aufiyah & Damayanti, 2013).

Pada penelitian (Zamani et al., 2015) tingkat rejeksi media membran adalah sebesar 94,22% (COD), 58,69% (TSS) dan 99,72% (Total Fe), pada penelitian (Damayanti, 2013) tingkat rejeksi membran adalah sebesar 59,54% (Fosfat). Dapat disimpulkan bahwa media membran dapat digunakan untuk mengolah limbah, dan menurunkan kandungan COD, TSS, Fosfat, dan MBAS (deterjen) pada limbah tersebut.

Namun, efluen dan limbah, yang dihasilkan dari dampak komponen tersuspensi dan terlarut yang terkandung di udara atau biasanya terjadi oleh pelanggaran reversibel, sering ditemui dalam aplikasi filtrasi membran NF ini. Hal ini dapat mengakibatkan penurunan kualitas kondisi membran. Pretreatment air umpan telah diidentifikasi sebagai metode yang efisien untuk mengurangi fouling membran dan meningkatkan ketahanan membran dalam pengoperasiannya, sehingga perlu dilakukan perlakuan pendahuluan agar membran NF tidak cepat reversibel.

Oleh karena itu diperlukannya sebuah pengolahan limbah untuk menyisihkan COD, TSS, Fosfat dan MBAS (deterjen) dengan

salah satu alternatif pengolahan yaitu dengan proses filtrasi membran menggunakan kombinasi membran mikrofiltrasi dan koagulasi flokulasi sebagai pretreatment, dan membran nanofiltrasi sebagai pengolahan inti.

METODE PENELITIAN

Penelitian Pendahuluan

Penelitian pendahuluan yang dilakukan yaitu analisis awal sampel yaitu uji karakteristik awal air baku. Analisis karakteristik awal air baku bertujuan untuk mengetahui kandungan parameter COD, TSS, Fosfat dan MBAS sehingga dapat diketahui perbandingan kadar yang terdapat di dalam air baku setelah dilakukan pengolahan. Uji karakteristik awal dilakukan di Laboratorium TAKI.

Penelitian Utama

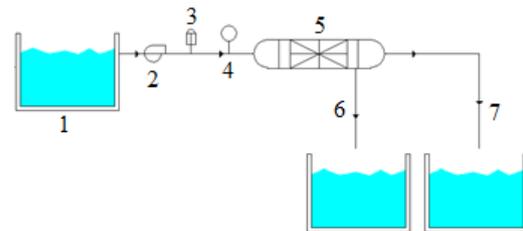
Pelaksanaan penelitian ini dilakukan bertahap sesuai tahapan yang disusun dalam kerangka penelitian. Berikut tahapan penelitian dan penjelasannya :

- Air limbah sebanyak \pm (50) L dimasukkan ke dalam bak umpan dengan kapasitas (55) L.
- Limbah cair laundry dilakukan proses koagulasi flokulasi terlebih dahulu.
- Kemudian pada proses selanjutnya , air di saring menggunakan media membran mikrofiltrasi (Whatmann Fiber Glass) dengan menggunakan vacuum pump, air hasil proses akan ditampung pada bak umpan.
- Aliran air dari proses mikrofiltrasi (Whatmann Fiber Glass) ditampung dalam bak penampung 1.
- Kemudian air dipompa menggunakan booster pump menuju membran NF. Sebelum air tersebut mencapai membran NF maka terlebih dahulu tekanan operasi diatur sesuai dengan variabel yang telah ditentukan dengan menggunakan valve dan bypass (valve dan bypass dibuka tutup secara perlahan untuk mengatur debit yang mengalir). Setelah itu air akan masuk ke dalam membran dan melewati pori membran.
- Air dengan konsentrasi rendah (permeate) akan lolos melewati membran NF dan akan mengalir

menuju bak penampung 2. Sedangkan air yang tidak lolos melewati membran (retentate) akan mengalir menuju bak penampung 3.

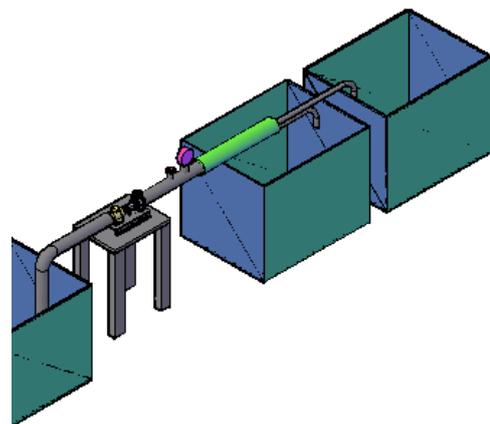
- Kemudian permeate yang dihasilkan dianalisis sesuai dengan variasi dan parameter yang telah ditentukan

Desain Reaktor

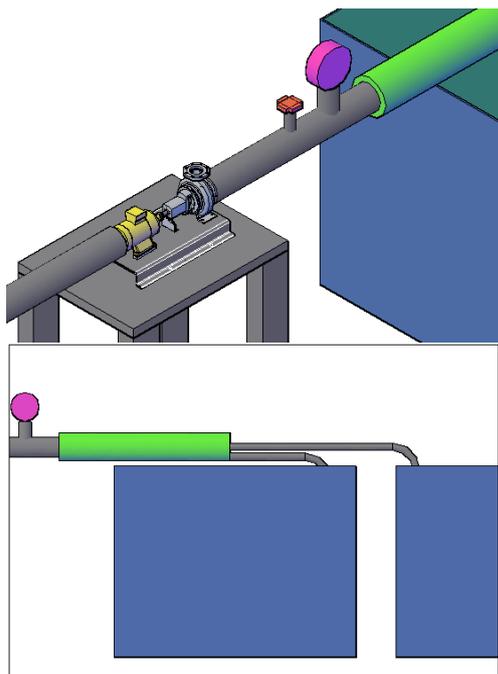


Gambar-1: Desain susunan reaktor

- Bak umpan (bak penampung 1)
- Pump
- Valve
- Pressure Gauge
- Membran nanofiltrasi
- Bak penampung permeate (bak penampung 2)
- Bak penampung retentate (bak penampung 3)



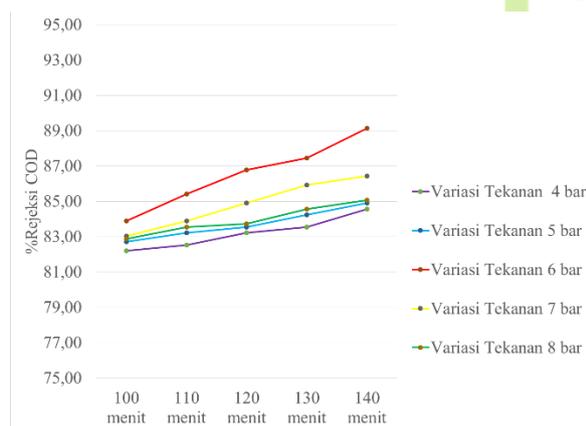
Gambar-2: Susunan Reaktor Nanofiltrasi



Gambar-3 : Detail Pompa, Valve, dan Pressure Gauge

HASIL DAN PEMBAHASAN Pengaruh Variasi Tekanan dan Waktu Operasi Terhadap % Rejeksi COD

Pengaruh tekanan dan waktu operasi terhadap % rejeksi kadar COD dapat diketahui dengan membandingkan tekanan dan waktu operasi terhadap rejeksi kadar COD (%) dengan berbagai waktu sampling yang dijelaskan pada Grafik -1.



Grafik -1 : Grafik Hubungan Antara Waktu Operasi terhadap % Rejeksi COD dalam Berbagai Variasi Tekanan

Berdasarkan pada Grafik -1. pada tekanan 4 bar menghasilkan nilai %rejeksi COD sebesar 82,20% - 84,58% , pada tekanan 5 bar menghasilkan nilai %rejeksi COD sebesar

82,71% - 84,92% , pada tekanan 6 bar menghasilkan nilai %rejeksi COD sebesar 83,90% - 89,15% , pada tekanan 7 bar menghasilkan nilai %rejeksi COD sebesar 83,05% - 86,44% , pada tekanan 8 bar menghasilkan nilai %rejeksi COD sebesar 82,88% - 85,08%, %rejeksi COD terbesar terdapat pada tekanan 6 bar yaitu 89,15%. Dapat disimpulkan bahwa tekanan operasi paling optimal dalam penelitian ini adalah tekanan operasi 6 bar. Berdasarkan pada Grafik-1, dapat diketahui bahwa tekanan operasi berbanding lurus dengan %rejeksi COD. Yang artinya, semakin besar tekanan yang diberikan maka semakin besar pula %rejeksi yang diperoleh, sehingga untuk menghasilkan %rejeksi yang lebih baik, maka membutuhkan tekanan operasi yang lebih besar (Nuryaningtyas & Ali, 2019).

Namun variasi tekanan operasi yang lebih tinggi tidak selalu menghasilkan %rejeksi yang lebih tinggi, seperti yang dapat dilihat pada Grafik-1 pada tekanan 7 dan 8 bar %rejeksi mengalami penurunan, fenomena ini juga terjadi pada penelitian oleh (Syarfi., 2007) dan (Nuryaningtyas & Ali, 2019) yang menyatakan semakin besar tekanan operasi yang diberikan maka semakin kecil rejeksi zat organiknya. Hal ini terjadi karena penambahan tekanan operasi mengakibatkan zat organik yang terdapat teradsorb oleh membran akan semakin kecil.

Pengaruh waktu operasi terhadap rejeksi kadar COD dapat diketahui dengan membandingkan waktu operasi terhadap rejeksi kadar COD (%) dengan berbagai waktu sampling yang dijelaskan pada Grafik-1.

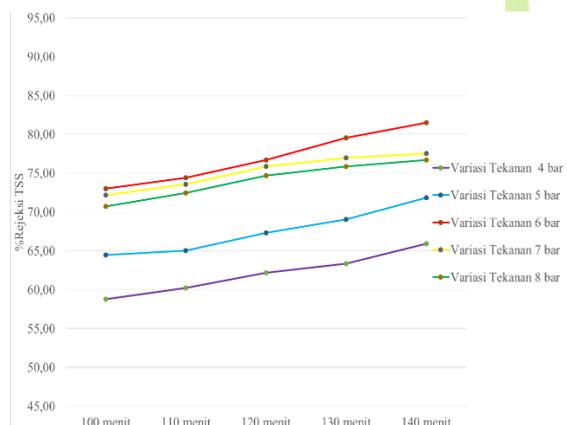
Berdasarkan pada Grafik-1, pada waktu operasi 100 menit menghasilkan nilai %rejeksi COD sebesar 82,20% - 83,90% , pada waktu operasi 110 menit menghasilkan nilai %rejeksi COD sebesar 82,54% - 85,42% , pada waktu operasi 120 menit menghasilkan nilai %rejeksi COD sebesar 83,22% - 86,78% , pada waktu operasi 130 menit menghasilkan nilai %rejeksi COD sebesar 83,56% - 87,46% , pada waktu operasi 140 menit menghasilkan nilai %rejeksi COD sebesar 84,58% - 89,15%, %rejeksi COD terbesar terdapat pada waktu operasi 140 menit yaitu 89,15%. Dapat disimpulkan bahwa waktu operasi paling optimal dalam penelitian ini

adalah tekanan operasi 140 menit. Yang artinya, semakin lama waktu operasi yang diberikan maka semakin besar pula %rejeksi yang diperoleh, sehingga untuk menghasilkan %rejeksi yang lebih baik, maka membutuhkan waktu operasi yang lebih lama (Nuryaningtyas & Ali, 2019).

Waktu operasi yang semakin panjang juga berpengaruh pada peningkatan rejeksi kadar COD. Dimana semakin lama waktu membran NF beroperasi maka kemampuan membran juga semakin menurun. Hal ini dikarenakan kemampuan membran NF dalam proses memiliki keterbatasan, apabila membran NF sudah jenuh maka kemampuan rejeksinya semakin meningkat seiring dengan penurunan fluks permeate. Menurut (Tchobanoglous et al., 2013) penyebab membran NF mengalami kejenuhan adalah particulate fouling (penyumbatan dan penyempitan pori), semakin lama proses nanofiltrasi akan menghasilkan penurunan kadar COD semakin besar.

Pengaruh Variasi Tekanan dan Waktu Operasi Terhadap % Rejeksi TSS

Pengaruh tekanan dan waktu operasi terhadap % rejeksi kadar TSS dapat diketahui dengan membandingkan tekanan dan waktu operasi terhadap rejeksi kadar TSS (%) dengan berbagai waktu sampling yang dijelaskan pada Grafik -2.



Grafik -2: Grafik Hubungan Antara Waktu Operasi terhadap % Rejeksi TSS dalam Berbagai Variasi Tekanan

Berdasarkan pada Grafik -2 pada tekanan 4 bar menghasilkan nilai %rejeksi TSS sebesar 58,81% - 65,91% , pada tekanan 5 bar menghasilkan nilai %rejeksi TSS sebesar

64,49% - 71,88% , pada tekanan 6 bar menghasilkan nilai %rejeksi TSS sebesar 73,01% - 81,53% , pada tekanan 7 bar menghasilkan nilai %rejeksi TSS sebesar 72,16% - 77,56% , pada tekanan 8 bar menghasilkan nilai %rejeksi TSS sebesar 70,74% - 76,70%, %rejeksi TSS terbesar terdapat pada tekanan 6 bar yaitu 81,53%. Dapat disimpulkan bahwa tekanan operasi paling optimal dalam penelitian ini adalah tekanan operasi 6 bar. Berdasarkan pada Grafik -2 dapat diketahui bahwa tekanan operasi berbanding lurus dengan %rejeksi TSS. Hal tersebut didukung oleh peneliti terdahulu, pada penelitian yang dilakukan (Christy et al., 2015) memiliki 3 variasi tekanan (4, 5, dan 6 bar) Tekanan operasi yang paling optimum dari ketiga variasi tekanan yang digunakan adalah tekanan 6 bar. Semakin tinggi tekanan operasi menghasilkan tingkat %rejeksi yang tinggi pula.

Namun variasi tekanan operasi yang lebih tinggi tidak selalu menghasilkan %rejeksi yang lebih tinggi, seperti yang dapat dilihat pada Grafik -2, pada tekanan 7 dan 8 bar %rejeksi mengalami penurunan, Penurunan tingkat rejeksi TSS disebabkan oleh penambahan gaya dorong terhadap umpan selama proses nanofiltrasi dengan membran (Zamani et al., 2015). Semakin besar tekanan operasi yang diberikan akan mengakibatkan rejeksi parameter semakin berkurang. Pada saat penambahan tekanan operasi, terjadi penambahan driving force (gaya dorong) terhadap umpan sehingga mampu mengakibatkan deformasi pada membran. Hal ini terjadi karena penambahan tekanan operasi mengakibatkan kandungan yang terdapat pada umpan teradsorb oleh membran akan semakin kecil.

Pengaruh waktu operasi terhadap rejeksi kadar TSS dapat diketahui dengan membandingkan waktu operasi terhadap rejeksi kadar TSS (%) dengan berbagai waktu sampling yang dijelaskan pada Grafik -2.

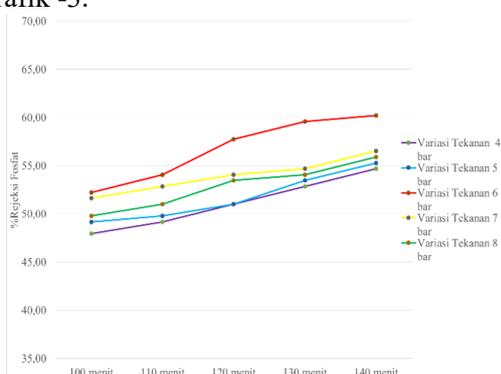
Berdasarkan pada Grafik -2 pada waktu operasi 100 menit menghasilkan nilai %rejeksi TSS sebesar 58,81% - 73,01% , pada waktu operasi 110 menit menghasilkan nilai %rejeksi TSS sebesar 60,23% - 74,43% , pada waktu operasi 120 menit menghasilkan nilai %rejeksi

TSS sebesar 62,22% - 76,70% , pada waktu operasi 130 menit menghasilkan nilai %rejeksi TSS sebesar 63,35% - 79,55% , pada waktu operasi 140 menit menghasilkan nilai %rejeksi TSS sebesar 65,91% - 81,53%, %rejeksi TSS terbesar terdapat pada waktu operasi 140 menit yaitu 81,53%. Dapat disimpulkan bahwa waktu operasi paling optimal dalam penelitian ini adalah tekanan operasi 140 menit. Yang artinya, semakin lama waktu operasi yang diberikan maka semakin besar pula %rejeksi yang diperoleh, sehingga untuk menghasilkan %rejeksi yang lebih baik, maka membutuhkan waktu operasi yang lebih lama (Nuryaningtyas & Ali, 2019).

Menurut Tchobanoglous et al., (2013) penyebab membran NF mengalami kejenuhan adalah particulate fouling (penyumbatan dan penyempitan pori). Semakin lama proses nanofiltrasi akan menghasilkan penurunan kadar TSS semakin besar. Menurut Karamah, E.F. dan Lubis, (2000) dalam (2013) Persen rejeksi cenderung meningkat seiring dengan waktu pengoperasian reaktor, hal ini disebabkan semakin banyak penyebab fouling yang tertahan di permukaan membran, yang lama kelamaan membentuk filter cake dan membuat pori membran semakin kecil. Pori membran yang semakin kecil menyebabkan kemampuan rejeksi membran terhadap TSS meningkat.

Pengaruh Variasi Tekanan dan Waktu Operasi Terhadap % Rejeksi Fosfat

Pengaruh tekanan dan waktu operasi terhadap % rejeksi kadar TSS dapat diketahui dengan membandingkan tekanan dan waktu operasi terhadap rejeksi kadar TSS (%) dengan berbagai waktu sampling yang dijelaskan pada Grafik -3.



Grafik -3: Grafik Hubungan Antara Waktu Operasi terhadap % Rejeksi Fosfat dalam Berbagai Variasi Tekanan

Berdasarkan pada Grafik -3 pada tekanan 4 bar menghasilkan nilai %rejeksi Fosfat sebesar 47,95% - 54,68% , pada tekanan 5 bar menghasilkan nilai %rejeksi Fosfat sebesar 49,17% - 55,30% , pada tekanan 6 bar menghasilkan nilai %rejeksi Fosfat sebesar 52,24% - 60,20% , pada tekanan 7 bar menghasilkan nilai %rejeksi Fosfat sebesar 51,62% - 56,52% , pada tekanan 8 bar menghasilkan nilai %rejeksi Fosfat sebesar 49,79% - 55,91%, %rejeksi Fosfat terbesar terdapat pada tekanan 6 bar yaitu 60,20%. Dapat disimpulkan bahwa tekanan operasi paling optimal dalam penelitian ini adalah tekanan operasi 6 bar. Berdasarkan pada Grafik -3 dapat diketahui bahwa tekanan operasi berbanding lurus dengan %rejeksi Fosfat. Hal tersebut didukung oleh peneliti terdahulu, pada penelitian yang dilakukan (Christy et al., 2015) memiliki 3 variasi tekanan (4, 5, dan 6 bar) Tekanan operasi yang paling optimum dari ketiga variasi tekanan yang digunakan adalah tekanan 6 bar. Yang artinya, Semakin tinggi tekanan operasi menghasilkan tingkat %rejeksi yang tinggi pula.

Namun variasi tekanan operasi yang lebih tinggi tidak selalu menghasilkan %rejeksi yang lebih tinggi, seperti yang dapat dilihat pada Grafik -3 pada tekanan 7 dan 8 bar %rejeksi mengalami penurunan, Penurunan tingkat rejeksi Fosfat disebabkan oleh penambahan gaya dorong terhadap umpan selama proses nanofiltrasi dengan membran (Zamani et al., 2015). Menurut Ahmad (2005), semakin besar tekanan operasi yang diberikan akan mengakibatkan rejeksi parameter semakin berkurang. Pada saat penambahan tekanan operasi, terjadi penambahan driving force (gaya dorong) terhadap umpan sehingga mampu mengakibatkan deformasi pada membran. Hal ini terjadi karena penambahan tekanan operasi mengakibatkan kandungan yang terdapat pada umpan teradsorb oleh membran akan semakin kecil.

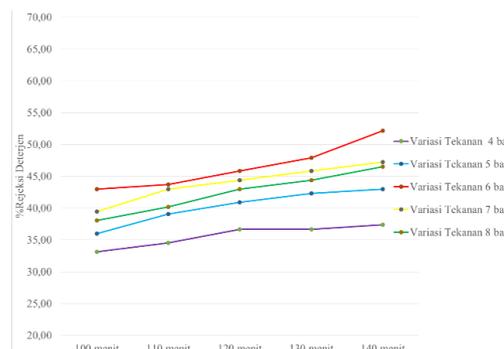
Pengaruh waktu operasi terhadap rejeksi kadar Fosfat dapat diketahui dengan membandingkan waktu operasi terhadap rejeksi kadar Fosfat (%) dengan berbagai waktu sampling yang dijelaskan pada Grafik -3

Berdasarkan pada Grafik -3 pada waktu operasi 100 menit menghasilkan nilai %rejeksi Fosfat sebesar 47,95% - 52,24% , pada waktu operasi 110 menit menghasilkan nilai %rejeksi Fosfat sebesar 49,17% - 54,07% , pada waktu operasi 120 menit menghasilkan nilai %rejeksi Fosfat sebesar 51,01% - 57,75% , pada waktu operasi 130 menit menghasilkan nilai %rejeksi Fosfat sebesar 52,85% - 59,58% , pada waktu operasi 140 menit menghasilkan nilai %rejeksi Fosfat sebesar 54,86% - 60,20%, %rejeksi Fosfat terbesar terdapat pada waktu operasi 140 menit yaitu 60,20%. Dapat disimpulkan bahwa waktu operasi paling optimal dalam penelitian ini adalah tekanan operasi 140 menit. Yang artinya, semakin lama waktu operasi yang diberikan maka semakin besar pula %rejeksi yang diperoleh, sehingga untuk menghasilkan %rejeksi yang lebih baik, maka membutuhkan waktu operasi yang lebih lama (Nuryaningtyas & Ali, 2019).

Menurut (Tchobanoglous et al., 2013) penyebab membran NF mengalami kejenuhan adalah particulate fouling (penyumbatan dan penyempitan pori). Semakin lama proses nanofiltrasi akan menghasilkan penurunan kadar TSS semakin besar. Menurut Karamah, E.F. dan Lubis, (2000) dalam Damayanti, (2013) Persen rejeksi cenderung meningkat seiring dengan waktu pengoperasian reaktor, hal ini disebabkan semakin banyak penyebab fouling yang tertahan di permukaan membran, yang lama kelamaan membentuk filter cake dan membuat pori membran semakin kecil. Pori membran yang semakin kecil menyebabkan kemampuan rejeksi membran terhadap TSS meningkat.

Pengaruh Variasi Tekanan dan Waktu Operasi Terhadap % Rejeksi Deterjen

Pengaruh tekanan dan waktu operasi terhadap % rejeksi kadar TSS dapat diketahui dengan membandingkan tekanan dan waktu operasi terhadap rejeksi kadar TSS (%) dengan berbagai waktu sampling yang dijelaskan pada Grafik -4.



Grafik -4: Grafik Hubungan Antara Waktu Operasi terhadap % Rejeksi Deterjen dalam Berbagai Variasi Tekanan

Berdasarkan pada Grafik -4 pada tekanan 4 bar menghasilkan nilai %rejeksi MBAS (deterjen) sebesar 33,15% - 37,37% , pada tekanan 5 bar menghasilkan nilai %rejeksi MBAS (deterjen) sebesar 35,96% - 43,00% , pada tekanan 6 bar menghasilkan nilai %rejeksi MBAS (deterjen) sebesar 43,00% - 52,15% , pada tekanan 7 bar menghasilkan nilai %rejeksi MBAS (deterjen) sebesar 39,48% - 47,22% , pada tekanan 8 bar menghasilkan nilai %rejeksi MBAS (deterjen) sebesar 38,07% - 46,52%, %rejeksi MBAS (deterjen) terbesar terdapat pada tekanan 6 bar yaitu 52,15%. Dapat disimpulkan bahwa tekanan operasi paling optimal dalam penelitian ini adalah tekanan operasi 6 bar. Berdasarkan pada Grafik -4 dapat diketahui bahwa tekanan operasi berbanding lurus dengan %rejeksi MBAS (deterjen). Hal tersebut didukung oleh peneliti terdahulu, pada penelitian yang dilakukan (Christy et al., 2015) memiliki 3 variasi tekanan (4, 5, dan 6 bar) Tekanan operasi yang paling optimum dari ketiga variasi tekanan yang digunakan adalah tekanan 6 bar. Yang artinya, Semakin tinggi tekanan operasi menghasilkan tingkat %rejeksi yang tinggi pula.

Namun variasi tekanan operasi yang lebih tinggi tidak selalu menghasilkan %rejeksi yang lebih tinggi, seperti yang dapat dilihat pada Grafik -4, pada tekanan 7 dan 8 bar %rejeksi mengalami penurunan, Penurunan tingkat rejeksi MBAS (deterjen) disebabkan oleh penambahan gaya dorong terhadap umpan selama proses nanofiltrasi dengan membran (Zamani et al., 2015). Menurut Ahmad (2005), semakin besar tekanan operasi yang diberikan akan mengakibatkan rejeksi parameter semakin berkurang. Pada saat penambahan tekanan operasi, terjadi penambahan driving force (gaya

dorong) terhadap umpan sehingga mampu mengakibatkan deformasi pada membran. Hal ini terjadi karena penambahan tekanan operasi mengakibatkan kandungan yang terdapat pada umpan teradsorb oleh membran akan semakin kecil.

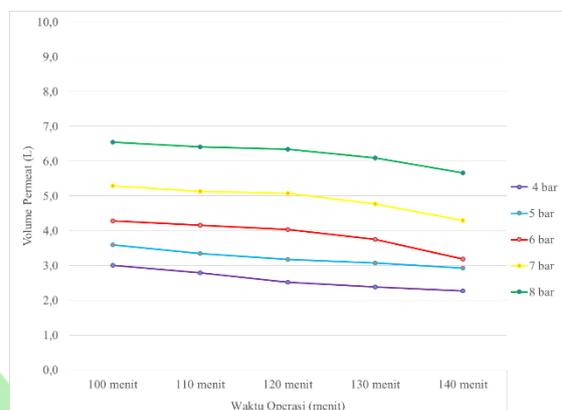
Pengaruh waktu operasi terhadap rejeksi kadar MBAS (deterjen) dapat diketahui dengan membandingkan waktu operasi terhadap rejeksi kadar MBAS (deterjen) (%) dengan berbagai waktu sampling yang dijelaskan pada Grafik -4

Berdasarkan pada Grafik -4 pada waktu operasi 100 menit menghasilkan nilai %rejeksi MBAS (deterjen) sebesar 33,15% - 43,00% , pada waktu operasi 110 menit menghasilkan nilai %rejeksi MBAS (deterjen) sebesar 34,55% - 43,70% , pada waktu operasi 120 menit menghasilkan nilai %rejeksi MBAS (deterjen) sebesar 36,66% - 45,81% , pada waktu operasi 130 menit menghasilkan nilai %rejeksi MBAS (deterjen) sebesar 36,66% - 47,92% , pada waktu operasi 140 menit menghasilkan nilai %rejeksi MBAS (deterjen) sebesar 37,37% - 52,15%. Dapat disimpulkan bahwa waktu operasi paling optimal dalam penelitian ini adalah tekanan operasi 140 menit. Yang artinya, semakin lama waktu operasi yang diberikan maka semakin besar pula %rejeksi yang diperoleh, sehingga untuk menghasilkan %rejeksi yang lebih baik, maka membutuhkan waktu operasi yang lebih lama (Nuryaningtyas & Ali, 2019).

Menurut (Tchobanoglous et al., 2013) penyebab membran NF mengalami kejenuhan adalah particulate fouling (penyumbatan dan penyempitan pori). Semakin lama proses nanofiltrasi akan menghasilkan penurunan kadar TSS semakin besar. Menurut Karamah, E.F. dan Lubis, (2000) dalam Damayanti, (2013) Persen rejeksi cenderung meningkat seiring dengan waktu pengoperasian reaktor, hal ini disebabkan semakin banyak penyebab fouling yang tertahan di permukaan membran, yang lama kelamaan membentuk filter cake dan membuat pori membran semakin kecil. Pori membran yang semakin kecil menyebabkan kemampuan rejeksi membran terhadap TSS meningkat.

Pengaruh Variasi Tekanan dan Waktu Operasi Terhadap % Rejeksi Permeat

Pengaruh tekanan dan waktu operasi terhadap volume permeat dapat diketahui dengan membandingkan tekanan dan waktu operasi terhadap volume permeat dengan berbagai waktu sampling yang dijelaskan pada Grafik -5.



Grafik -5: Grafik Hubungan Antara Waktu Operasi terhadap Volume Permeat dalam Berbagai Variasi Tekanan

Berdasarkan pada Grafik -5 pada tekanan 4 bar menghasilkan volume permeat 1,9 – 2,5 L , pada tekanan 5 bar menghasilkan volume permeat 2,4 – 3 L , pada tekanan 6 menghasilkan volume permeat 2,7 – 3,6 L , pada tekanan 7 menghasilkan volume permeat 3,6 – 4,4 L , pada tekanan 8 bar menghasilkan volume permeat 4,7 – 5,5 L. Berdasarkan pada Gambar 4.5 dapat diketahui bahwa tekanan operasi berbanding lurus dengan volume permeat. Hal tersebut didukung oleh beberapa peneliti terdahulu, pada penelitian yang dilakukan Pinem & Adha, (2008); Yusuf, (2009); Nuryaningtyas & Ali, (2019); membuktikan bahwa, Semakin besar tekanan yang diberikan, maka volume umpan yang dapat melewati membran akan meningkat. Hal ini dapat terjadi dapat terjadi dikarenakan semakin besar tekanan operasi yang diberikan pada proses pengoperasian membran, maka volume fluida yang melewati membran juga semakin meningkat (Pinem & Adha, 2008).

Pengaruh waktu operasi terhadap volume permeat dapat diketahui dengan membandingkan waktu operasi terhadap jumlah volume permeat dengan berbagai waktu sampling yang dijelaskan pada Grafik -5.

Berdasarkan pada Grafik -5 pada waktu operasi 100 menit menghasilkan volume permeat 2,5 – 5,5 L , pada waktu operasi 110 menit menghasilkan volume permeat 2,3 – 5,4 L , pada waktu operasi 120 menit menghasilkan volume permeat 2,1 – 5,3 L , pada waktu operasi 130 menit menghasilkan volume permeat 2 – 5,1 L , pada waktu operasi 140 menit menghasilkan volume permeat 1,9 – 4,7 L. Yang dapat disimpulkan bahwa waktu operasi berbanding terbalik dengan volume permeat. Hal tersebut didukung oleh beberapa peneliti terdahulu, pada penelitian yang dilakukan Fatmasari et al., (2012), Christy et al., (2015) , Wibowo et al., (2017), Nuryaningtyas & Ali, (2019), yang membuktikan bahwa, Semakin lama waktu operasi yang dilakukan pada pengoperasian membran, maka volume umpan yang dapat melewati membran akan menurun. Hal ini dapat terjadi dapat terjadi dikarenakan semakin lama waktu operasi yang diberikan pada proses pengoperasian membran, maka akan terjadi adanya pengendapan partikel pada pori membran sehingga menyebabkan pori membran tersumbat atau mengalami penyempitan pada pori membran, sehingga dapat mengurangi volume fluida yang berhasil melewati membran (Fitria & Susanto, 2017)

KESIMPULAN

Berdasarkan dari hasil penelitian pada pengolahan limbah cair laundry, maka menghasilkan kesimpulan bahwa tekanan dan waktu operasi yang optimal dalam menurunkan kadar COD, TSS, Fosfat, dan MBAS (deterjen) pada limbah cair laundry yaitu terdapat pada tekanan 6 bar dan waktu 140 menit, dimana pada waktu dan tekanan tersebut dapat menurunkan kadar COD sebesar 89% ; TSS sebesar 82% ; Fosfat sebesar 60% ; dan MBAS (deterjen) sebesar 52%.

Pada pengoperasiannya, membran nanofiltrasi masih dapat beroperasi dan belum mengalami proses penyumbatan atau fouling pada membran.

DAFTAR PUSTAKA

Aliaman. (2017). *Pengaruh Absorpsi Karbon Aktif & Pasir Silika Terhadap Penurunan Kadar Besi (Fe), Fosfat (PO₄), dan Deterjen Dalam Limbah Laundry. Jurnal Lingkungan.*

- Apriyani, N. (2017). *Penurunan Kadar Surfaktan dan Sulfat dalam Limbah Laundry* (pp. 37–44). *Jurnal Jurusan Teknik Lingkungan.*
- Aufiyah, & Damayanti, A. (2013). *Pengolahan Limbah Laundry Menggunakan Membran Nanofiltrasi Aliran Cross Flow untuk Menurunkan Kekeruhan dan Fosfat. Jurnal Teknik Pomits, 2(2), 98–103.*
- Christy, F. T., Susanto, H., & Sudarno, S. (2015). *Pengolahan Limbah Lindi Menggunakan Membran Nanofiltrasi Nf270. Jurnal Teknik Lingkungan, 4(4), 1–12.*
- Damayanti, R. M. M. dan A. (2013). *Pengolahan Limbah Cair Rumah Makan Menggunakan Membran Flow Untuk Menurunkan Fosfat. 1–6. Jurnal Lingkungan.*
- Fatmasari, S. R., Damayanti, A., & Yuswarini, E. (2012). *Utilization of Rice Husk Silica as Raw Material for Making Membranes for Seawater Desalination. Environmental Technology Scientific Conference Ix, July, 1–6.*
- Halim, P. A. (2014). *Biosand Filter Dengan Reaktor Karbon Aktif Dalam Pengolahan Limbah Cair Laundry. Jurnal Teknik Lingkungan*
- Karamah, E.F. dan Lubis, A. O. (2000). *Pralakuan Koagulasi dalam Proses Pengolahan Air dengan Membran: Pengaruh Waktu Pengadukan Pelan Koagulan Aluminium Sulfat Terhadap Kinerja Membran.* Universitas Indonesia Depok.
- Lintang Noor Fitria, Heru Susanto, T. I. (2017). *Penyisihan Cypermethrin dalam Air Menggunakan Membran Nanofiltrasi. Jurnal Teknik Lingkungan, 6(1), 1–15.*
- Mulder, M. (1996). *Basic Principles of Membrane Technology.* Kluwer Academic.
- Nuryaningtyas, R., & Ali, M. (2019). *Penurunan Kadar TSS, TDS, Dan Cl- Pada Air Sumur Payau Dengan Menggunakan Kombinasi Pre Filter Dan Reverse Osmosis. Jurnal Envirotek.*
- Pinem, J. A., & Adha, M. H. (2008). *Kinerja Membran Reverse Osmosis Terhadap Rejeksi Kandungan Garam Air Payau Sintetis : Pengaruh Variasi Tekanan Umpan. Seminar Nasional Teknik Kimia Oleo & Petrokimia Indonesia 2008, 1–7.*

- Puspitahati, C. (2012). Studi Kinerja Biosand Filter Dalam Mengolah Limbah Laundry Dengan Parameter Fosfat. *Jurnal Jurusan Teknik Lingkungan FTSP-ITS*.
- Setyobudiarso, H., & Yuwono, E. (2014). Rancang Bangun Alat Penjernih Air Limbah Cair Laundry Dengan Menggunakan Media Penyaring Kombinasi Pasir - Arang Aktif. *Jurnal Neutrino*, 6(2), 84–90.
- Syarfi. (2007). Rejeksi Zat Organik Air Gambut Dengan Membran Ultrafiltrasi. *Jurnal Sains Dan Teknologi*, 6.
- Tchobanoglous et al. (2013). *Wastewater Engineering: Treatment and Resource Recovery* (Fifth Edit). McGraw-Hill Education.
- Wibowo, A. R., Susanto, H., & Istirokhatun, T. (2017). Penurunan Warna dan Penyisihan Kandungan Sulfida pada Limbah Batik Berbahan Warna Dasar Indigosol Brown IRRD Menggunakan Membran Nanofiltrasi. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 6(1), 1–14.
- Widya Astuti, S., & Suriani Sinaga, M. (2015). Pengolahan Limbah Laundry Menggunakan Metode Biosand Filter Untuk Mendegradasi Fosfat. *Jurnal Teknik Kimia USU*, 4(2), 53.
- Yusuf, E. (2009). Pengolahan Air Payau Menjadi Air Bersih Dengan Menggunakan Membran Reverse Osmosis. *Envirotek : Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan*, 1(1), 7–19.
- Zamani, M. F., Istirokhatun, T., & Susanto, H. (2015). Tempat pembuangan akhir sampah menggunakan kombinasi teknologi membran mikrofiltrasi dan nanofiltrasi. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 72(2), 1–8.