

# Efisiensi dan Efektivitas Pencucian Kimia pada Membran Ultrafiltrasi Sistem Aliran Dead End Proses Pengolahan Limbah Emulsi Minyak

Jecky Asmura, Syarfi

Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Riau  
Kampus Binawidya Km. 12,5 Simpang Baru, Pekanbaru 28293

## Abstract

The application of dissociation of oil-water emulsion by using membrane has shown the happening of fouling phenomenon. This phenomenon caused by fouling material tend to have the character of irreversible and reversibel. This foulant can be conducted with chemical cleaning. Target of this research is to study efficiency and efectivness at chemical cleaning with cleaning chemical agent (NaOH, HCl and HNO<sub>3</sub>) for reduction foulant of oil-water emulsion. The operation has been done by forward and dead-end stream system of Membrane UF acetate cellulose. Flushing to be conducted for 30 minute with pressure 0,5 bar, so also with chemical cleaning (NaOH, HCl, and HNO<sub>3</sub>). Variation concentration of chemical agent cleaning are 0,1, 05, and 1 N. Comparison oil-water emulsion is 5% : 95% which treatment for a long of 60 minute with operating pressure variation of 0,5; 1 and 1,5 bar. The result of this research obtained, that NaOH 1 N more efficient eliminate foulant compared to HCl and HNO<sub>3</sub>. Mean cleaning effectiveness is equal 29,82 % after cleaned with tired NaOH but downhill effectiveness till 16,40 % if using HCl and 8,80 % while be used HNO<sub>3</sub>.

*Key words: Chemical Cleaning, Fouling, Membrane Ultrafiltration, Oil-Water Emulsion*

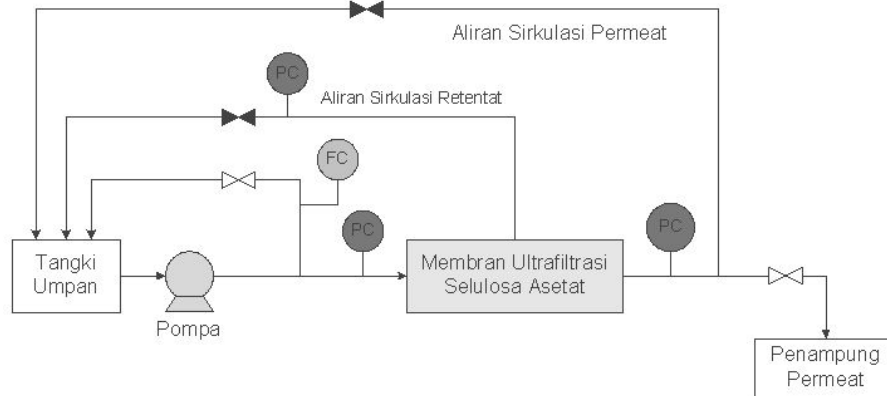
## 1. Pendahuluan

Penggunaan teknologi membran menunjukkan kemajuan yang pantas dipertimbangkan belakangan ini. Teknologi membran sering digunakan pada industri (Kazemimoghdam dan Mohammadi, 2006; Mohammadi *et al*, 2002) maupun proses pengolahan limbah. Salah satu aplikasi pemisahan dengan membran yaitu memisahkan emulsi minyak dalam air (Adyatmadja, 2002; Faibish dan Cohen, 2000 dan 2001; Leikens dan Semmens, 2000; Benito *et al*, 2002 dan 2004; Notodarmojo, Mayasanthy dan Zulkarnaen, 2004). Ketika treatment pemisahan emulsi minyak menggunakan membran ultrafiltrasi, fenomena *fouling* cenderung masih terlihat.

*Fouling* merupakan fenomena eksistensi material-material yang tertahan pada permukaan membran (Mohammadi *et al*, 2002). *Fouling* mampu mengurangi permeabilitas hidraulik (fluks) pada membran. Permeabilitas hidraulik merupakan fluktuasi penyerapan membran. Permeabilitas hidraulik tersebut bisa *reversible* maupun *irreversible*. (Faibish dan Cohen, 2006). Material-material penyebab berkurangnya fluks dikenal sebagai *foulant* (Mallevalle *et al*, 1996a). Choi *et al* (2005) telah melakukan reduksian *foulant reversible*, dimana agen

pencucian diaduk sehingga membentuk aliran tangensial sesaat diumpankan ke membran. Ia mengamati, mulanya terjadi pemblokiran pori oleh partikel-partikel kecil kemudian diikuti oleh interaksi yang kuat pada lapisan *fouling* selanjutnya terjadi kompaksi lapisan *fouling* bersamaan dengan *drag permeation* dan menyebabkan *foulant* menjadi *irreversible*.

Penelitian Zulkanarnen *et al* (2002) mengemukakan adanya deposisi kontaminan (*cutting oil foulant*) dalam lapisan membran dan deformasi lapisan membran. Sehingga terjadi proses penahanan emulsi (terperangkapnya sebagian emulsi) pada permukaan maupun pori (*pore blocking*) membran. Untuk menanggulangi hal tersebut, Adyatmadja (2002) melakukan penelitian dan mengemukakan bahwa hanya sebagian saja *foulant* yang bereaksi dan terhidrolisis dengan larutan NaOH. Sedangkan sebagian lagi membentuk *irreversible foulant* yang menjadi lapisan *cake* pada permukaan membran serta pori. Pada prinsipnya pencucian kimia dilakukan secara hidrolisis pada molekul organik, penghilangan partikel dan menyerang lapisan *cake* membran (Lim dan Bai, 2003).

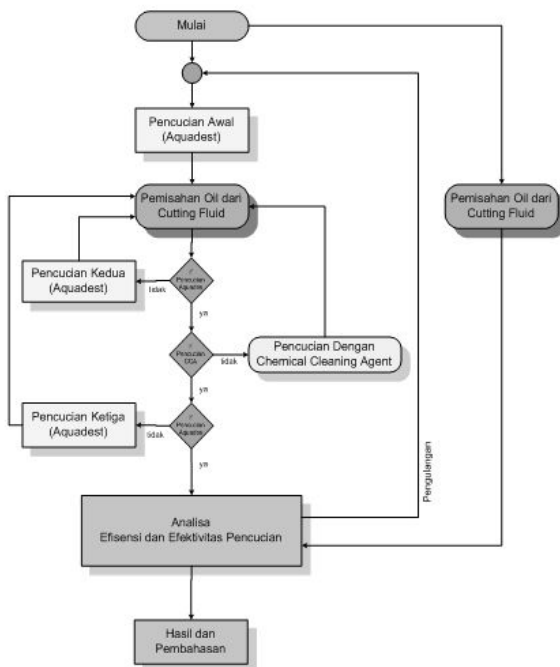


Gambar 1. Diagram Membran Ultrafiltrasi Sistem Aliran *Dead end*.

Adanya sebagian *reversible foulant* yang tidak mampu direduksi atau dihidrolisis oleh zat tertentu, sehingga akan menjadi *irreversible*. Hal tersebut merupakan masalah yang perlu dicermati dan dipelajari, kemungkinan *chemical agent* yang lainnya dapat digunakan sebagai *agent cleaning*. Dengan demikian *foulant reversible* akan tereduksi atau terhidrolisis lebih optimal. Fenomena terakumulasinya *foulant* pada membran secara berkelanjutan menyebabkan berkurangnya performa membran. Apabila membran dibiarkan, tidak dibersihkan maka *fouling* tidak dapat dihilangkan. Sehingga membran tersebut harus diganti (Scott, 1995).

digunakan sebagai *agent cleaning*. *Agent* tersebut diperkirakan dapat mereduksi *foulant* emulsi minyak yang terdekomposisi pada membran ultrafiltrasi selulosa asetat. Ketiga *chemical agent cleaning* digunakan karena memiliki karakteristik berikut;  $HNO_3$  cocok untuk membersihkan *foulant* yang berupa senyawa organik dan biologis karena mempunyai daya oksidasi yang tinggi, sedangkan  $HCl$  dapat berfungsi sebagai larutan penyangga (*buffer*) sehingga dapat mengontrol perubahan pH selama proses pencucian. Sementara  $NaOH$  sangat tepat sebagai zat pembersih untuk silica, koloid anorganik, dan *foulant* dari material organik/biologi (Scott, 1995).

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui dan mempelajari efisiensi dan efektivitas *agent chemical cleaning*. *Agent* tersebut dikombinasikan dengan perlakuan *forward flushing* untuk mereduksi *foulant* emulsi minyak guna meningkatkan kinerja membran ultrafiltrasi selulosa asetat sistem aliran *dead end*.



Gambar 2. Flow Chart Prosedur Penelitian.

Pencucian secara kimia mampu mengurangi *irreversible fouling*, sehingga reaksi *foulant reversible* akan lebih optimal. Hal ini disebabkan oleh sifat *agent chemical cleaning* yang digunakan. Beberapa *agent chemical* seperti  $HNO_3$ ,  $HCl$  dan  $NaOH$  cocok untuk

## 2. Bahan dan Metode

### 2.1. Bahan dan Alat.

Bahan yang digunakan pada Penelitian berupa  $NaOH$ ,  $HCl$ ,  $HNO_3$  sebagai *Chemical Agent Cleaning* dan Emulsi minyak : 95% air + 5% cutting oil sebagai *foulant* serta Aquadest sebagai bahan pembilas (*flushing*). Sedangkan alat yang digunakan yakni seperangkat peralatan membran, gelas ukur, stopwach. Dan ember sebagai tangki umpan. Skema rangkaian unit ultrafiltrasi disajikan pada Gambar 1.

### 2.2. Variabel Penelitian

#### **Variabel tetap :**

Untuk pembilasan.

t : 30 menit; P : 0,5 bar

Chemical agent cleaning ( $NaOH$ ,  $HCl$ , dan  $HNO_3$ )

t : 30 menit; P : 0,5 bar

Perbandingan Emulsi minyak :

Cuting oil/air = 5%/95%

t : 60 menit

Variabel tidak tetap :

Untuk pemisahan emulsi minyak :

P : 0,5; 1 dan 1,5 bar

Chemical agent cleaning (NaOH, HCl, dan HNO<sub>3</sub>) pada masing-masing konsentrasi :  
C : 0,1, 05, dan 1 N

2.3. Prosedur Penelitian

Pengukuran volume aquades pada pencucian awal di aliran permeat per 5 menit selama 30 menit pada tekanan 0,5 bar. Hasil hitungan fluks dikatakan sebagai Jwi. Selanjutnya, pengukuran volume hasil pemisahan emulsi minyak di aliran permeat per 5 menit selama 1 jam pada tekanan 0,5 bar. Pada tahap ini fluks ditandai sebagai Jf. Kemudian dilakukan pengukuran volume pembilasan dengan aquades, dialiran permeat per 5 menit selama 30 menit pada tekanan 0,5 bar. Hasil hitungan fluks dikatakan sebagai Jww.

Pengukuran volume pencucian kimia menggunakan NaOH 0,1 N, pada tahap ini pengukuran volume di aliran permeat per 5 menit selama 30 menit pada tekanan 0,5 bar. Fluks hasil hitungan disebut sebagai Jcc. Kemudian dilakukan pengukuran volume untuk pembilasan akhir dengan aquades, pengukuran ini dilakukan selama 30 menit yang diukur per 5 menit, Hitungan fluks pada tahap ini ditandai sebagai Jwc. Tahapan tersebut dilakukan sama untuk pencucian kimia dengan variabel konsentrasi lainnya dan bahan kimia yang digunakan untuk masing-masing bahan kimia seperti HCl dan HNO<sub>3</sub>.

Kemudian dilanjutkan dengan pengukuran volume pemisahan minyak dengan air tanpa perlakuan pencucian dengan aquades, pencucian dengan bahan kimia maupun pembilasan akhir dengan aquades. Prosedur penelitian tersaji pada Gambar 2.

2.4. Analisa Hasil

Analisa yang dilakukan untuk pencucian secara kimia adalah dengan menghitung persen *resistant removal* (RR%) dan *flux recovery* (FR%) (efisiensi pencucian) pada berbagai kondisi konsentrasi *chemical cleaning agent* terhadap masing-masing kondisi operasi filtrasi. Rumus yang digunakan untuk menghitung persen *resistant removal* dan persen *flux recovery* (Kazemimoghdam M dan Mohammadi T, 2006) sebagai berikut :

$$RR (\%) = [(Rf - Rc)/Rf] \times 1001$$

$$FR (\%) = [(Jwc - Jww)/(Jwi - Jww)] \times 100$$

Rumus yang digunakan untuk menghitung fluks (Faibish RS dan Cohen Y, 2000) adalah sebagai berikut:

$$Jt = Qf/$$

Rumus yang digunakan untuk menghitung Resistan Membran mengikuti hukum darcy (Miscolia D A, 2000) yakni :

$$R_m = \frac{\Delta P_T}{\mu * J}$$

Tekanan Trans-membran dihitung dengan rumus :

$$P_{TM} = \left[ \frac{(P_i + P_o)}{2} \right] - P_p$$

Karena untuk aliran *dead end* maka rumus diatas menjadi

$$P_{TM} = \frac{(P_i + P_r)}{2}$$

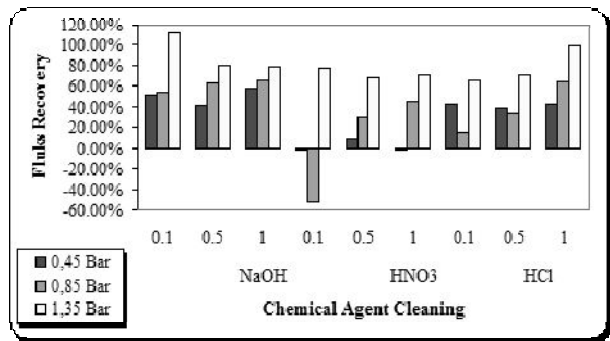
Untuk menghitung efektivitas pencucian dapat menggunakan rumus berikut (Scot JB, 2006) :

$$Cleaning\ effectiveness\ (\%) = (1 - avg(uncleaned\ fluks/cleaned\ fluks)) * 100$$

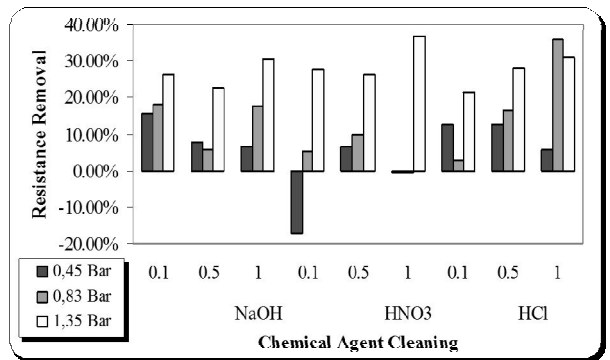
3. Hasil dan Pembahasan

Efisiensi Pencucian.

Efisiensi pencucian dindikasikan oleh parameter *Fluks Recovery* (FR) dan *Resistance Removal* (RR). Kedua indikator ini oleh Mohamadi *et all* (2002) dan Kazemimoghdam dan Mohammadi (2007) telah dijadikan sebagai tolok ukur guna melihat efisiensi pencucian. Parameter ini mengindikasikan sejauh mana proses pencucian mampu meningkatkan kembali efektivitas



Gambar 3. Nilai FR Masing-masing Konsentrasi Bahan Pencuci dan Perubahan Tekanan Transmembran Treatment Emulsi Minyak.



Gambar 4. Nilai RR Masing-masing Konsentrasi Bahan Pencuci dan Perubahan Tekanan Transmembran Treatment Emulsi Minyak.

kinerja membran baik setelah pembentukan *fouling* oleh emulsi minyak maupun setelah dilakukan pencucian

membran. Efisiensi pencucian sangat dipengaruhi oleh tekanan transmembran pembentukan *fouling* dan konsentrasi bahan pencuci serta jenis bahan pencuci yang digunakan. Data ini disajikan pada Gambar 3 dan 4.

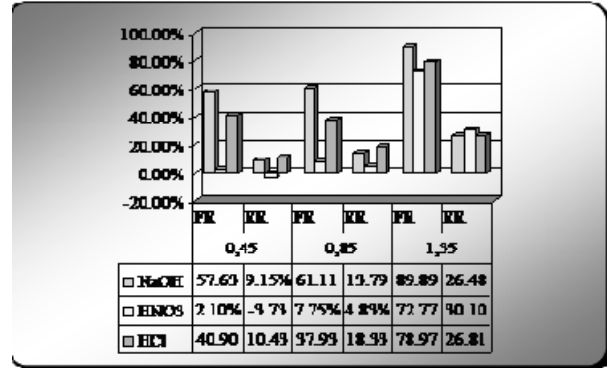
Nilai FR tertinggi adalah 111,77 % pada penggunaan NaOH 0,1 N untuk pembentukan *fouling* pada tekanan transmembran 1,35 bar. Sedangkan nilai FR terendah dicapai adalah -52,23% pada penggunaan HNO<sub>3</sub> untuk pembentukan *fouling* pada tekanan transmembran 0,85 bar. Jika dilihat secara keseluruhan nilai FR cenderung lebih tinggi terjadi untuk pembentukan fluks pada tekanan transmembran 1,35 bar dibandingkan dengan tekanan transmembran 0,45 bar dan 0,85 bar. Namun, nilai RR berkisar dibawah 50%. Nilai RR tertinggi mencapai 36,51% pada penggunaan HNO<sub>3</sub> untuk pembentukan *fouling* pada tekanan transmembran 1,35 bar. Sedangkan yang terendah mencapai -17,20% pada tekanan transmembran 0,45 bar. Data ini disajikan pada Gambar 4.

Indikasi nilai FR melebihi 100% menunjukkan bahwa telah terjadi perubahan struktur membran yang disebabkan oleh kontak NaOH secara parsial sehingga pori membran akan lebih besar selain itu menyebabkan membran bersifat hidrofilik. Menurut Milton (1978) jenis surfaktan yang berfungsi sebagai emulsifier (*emulsifying agent*) biasanya termasuk surfaktan anionic golongan petroleum sulfonates jenis garam sodium (*sodium salt*). Sifat surfaktan didalam emulsi minyak (*o/w emulsion*) ekornya bersifat hidrofobik (-CH<sub>2</sub>-), sehingga mudah menarik molekul minyak sehingga kepalanya yang bersifat hidrofilik akan sangat mudah berikatan dengan molekul air dan bersifat anionik.

Namun pada penggunaan HNO<sub>3</sub>, efisiensi yang dicapai lebih rendah dari 0% mengindikasikan bahwa chemical agent ini belum mampu menyerap *foulant* yang terdeposisi pada permukaan pori yang membentuk clogging. Pengamatan mohamadi et al (2002), *foulant* dari mineral lebih cepat diserap oleh permukaan membran dibandingkan lemak dan protein. Mineral juga mampu mempercepat membentuk permukaan eksternal (lapisan *cake*). Hasil pengamatan yang telah dilakukan, bahan pencuci yang bersifat asam sedikit mampu menghancurkan lapisan *cake* dari *foulant* mineral.

Efisiensi pencucian rata-rata yang ditempuh selama pengamatan, pada tekanan yang sama konsentrasi dan jenis bahan pencuci sangat mempengaruhi kedua parameter efisiensi pencucian. Secara rata-rata nilai FR dan RR pada penggunaan cenderung meningkat seiring dengan meningkatnya tekanan transmembran treatment emulsi minyak. Hal ini berbeda dengan penggunaan HCl dan HNO<sub>3</sub> (Data ini disajikan pada Gambar 5).

Nilai FR rata-rata maksimum diperoleh 89,89% namun nilai RR rendah (26,48%) yakni pada penggunaan NaOH 1 N dan tekanan transmembran 1,35 bar. Sedangkan Nilai RR maksimum dicapai pada 30,10 % namun nilai FR nya mnejadi turun yakni mencapai 72,77% yakni pada penggunaan HNO<sub>3</sub> 1 N untuk kondisi pada tekanan 1,35 bar. Hal ini menunjukkan bahwa jika ingin meningkatkan nilai fluks maka resisten akan menurun, sebaliknya jika resisten ditingkatkan maka fluks akan turun.



Gambar 5. Pengaruh Kenaikan Tekanan Terhadap FR dan RR Masing-masing Bahan Pencuci.

Namun untuk penggunaan HNO<sub>3</sub> nilai FR terendah diperoleh pada kondisi tekanan 0,45 bar sedangkan untuk RR tertinggi pada tekanan 1,35 bar menggunakan HNO<sub>3</sub>. Namun pada tekanan transmembran 0,45 bar belum cukup mampu untuk mengembalikan tegangan permukaan. Hal ini ditandai dengan nilai RR mencapai -0,73 persen (angka minus). Selain itu, efisiensi pencucian pada parameter FR selalu lebih besar dibandingkan dengan RR.

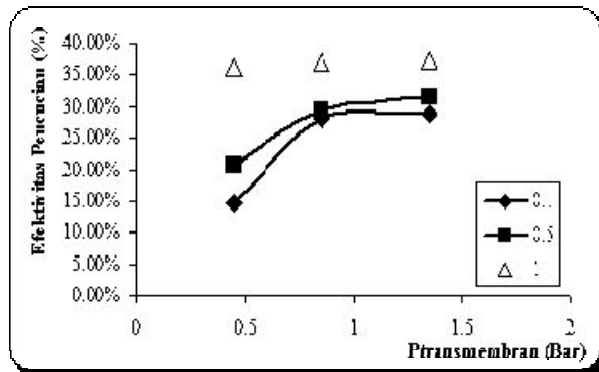
Perbedaan kedua parameter efisiensi pencucian ini, jika dibandingkan dengan hasil pengamatan Kazemimoghadam dan Mohammadi (2007) menunjukkan informasi yang berbeda. Pada pengolahan limbah industri susu, efisiensi pencucian untuk parameter RR mengindikasikan kecenderungan lebih tinggi dibandingkan dengan FR. Sedangkan hasil pengamatan Mohammadi *et al* (2002), nilai FR sangat tergantung daripada konsentrasi pada kondisi tekanan operasi yang sama. Namun hasil pengamatan pada penelitian ini menunjukkan FR sangat dipengaruhi oleh tekanan transmembran proses pengolahan emulsi minyak.

Indikasi rendahnya nilai RR diduga karena floktualisasi *foulant* emulsi minyak (pembentukan floks) secara terus menerus dan polarisasi terkonsentrasi pada permukaan membran, sehingga pada saat pencucian akan bereaksi dengan agen pencuci. Hal ini teramati dengan adanya kekeruhan pada saat penelitian. Reaksi antara bahan pencuci dengan *foulant* emulsi minyak juga teramati oleh Lim dan Bai (2003). Pendugaan reaksi yang terjadi adalah hidrolisis dan pemutusan ikatan. Hal ini mengakibatkan pembentukan material pengotor baru pada permukaan membran.

Faktor ini hampir sama dengan hasil pengamatan Handoko, Adiarto, dan Anggono (2003). Hal ini diduga menyebabkan nilai RR lebih rendah dibandingkan dengan FR. Kekeruhan pada saat pencucian membran mampu menghalangi turunnya permeat sehingga fluks awal semakin kecil. Karena, pada waktu dilakukan pencucian membran hanya menghilangkan jumlah *fouling* tertentu. Sedangkan, *fouling* yang tertinggal pada konsentrasi yang lebih tinggi juga semakin besar, *foulant* ini dikatakan irreversible. Fenomena fluktuasi selama proses setelah pencucian dikatakan sebagai *irreversibel fouling*.

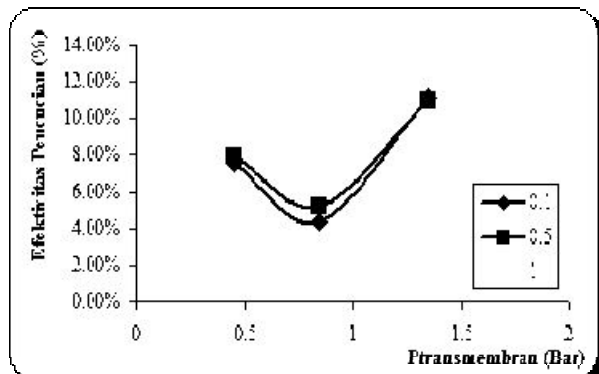
**Efektivitas Pencucian.**

Efektivitas pencucian merupakan perbandingan antara fluks sebelum dilakukan pencucian dibandingkan dengan setelah dilakukan pencucian. Efektivitas pencucian cenderung meningkat seiring dengan meningkatnya tekanan transmembran. Gambar 6 menyajikan informasi efektivitas pencucian menggunakan NaOH.



**Gambar 6.** Efektivitas Pencucian Menggunakan NaOH Terhadap Tekanan Transmebran.

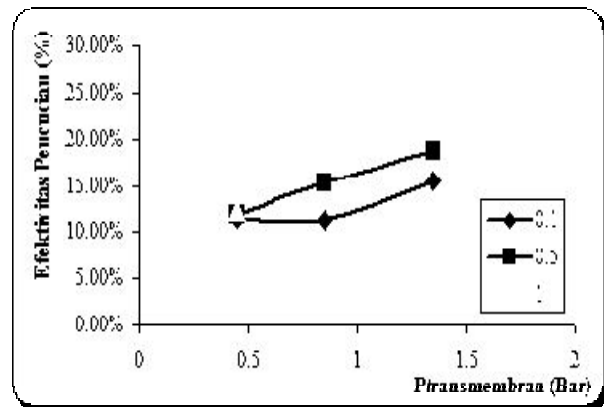
Efektivitas pencucian menggunakan NaOH 0,1 N pada treatment emulsi minyak pada tekanan transmembran 0,45 bar mencapai 14,59% dan cenderung meningkat pada tekanan yang sama untuk peningkatan konsentrasi efektivitas mencapai 36,26%. Sedangkan pada konsentrasi yang sama, pada peningkatan tekanan transmembran efektivitas mencapai 28,86%. Hal ini berbeda dengan penggunaan HNO<sub>3</sub> sebagai bahan pencuci (*chemical agent cleaning*). Efektivitas pencucian menggunakan HNO<sub>3</sub> disajikan pada Gambar 7.



**Gambar 7.** Efektivitas Pencucian Menggunakan HNO<sub>3</sub> Terhadap Tekanan Transmebran.

Efektivitas pencucian menggunakan HNO<sub>3</sub> 0,1 N pada treatment emulsi minyak pada tekanan transmembran 0,45 bar mencapai 7,55 %. Indikasi selanjutnya menurun pada tekanan transmembran perlakuan pemisahan emulsi minyak sebesar 0,85 bar selanjutnya akan meningkat jika konsentrasi bahan pencuci ditingkatkan. Efektivitas pencucian tertinggi diindikasikan mencapai 12,21 %. Namun, efektivitas pencucian menggunakan HCl sebagai bahan pencuci menunjukkan indikasi yang berbeda

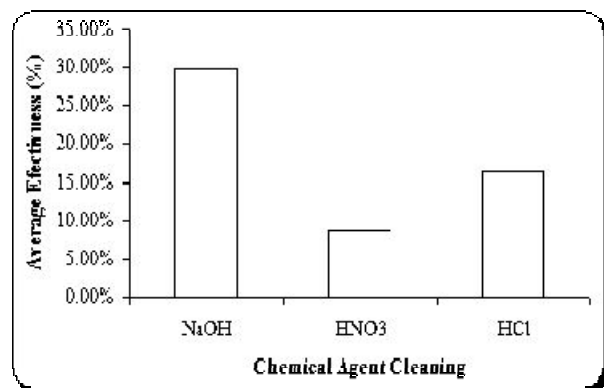
dibandingkan dengan NaOH dan HNO<sub>3</sub>. Gambar 8 menyajikan informasi pencucian menggunakan HCl.



**Gambar 8.** Efektivitas Pencucian Menggunakan HCl Terhadap Tekanan Transmebran.

Efektivitas pencucian menggunakan HCl sebagai bahan pencuci tertinggi mencapai 26,61% yakni pada konsentrasi 1 N untuk porses treatment emulsi minyak bertekanan 1,35 bar. Namun, pada kondisi tekanan transmembran 0,45 bar untuk perubahan konsentrasi menunjukkan efektivitas pencucian hampir sama. Sedangkan, efisiensi pencucian akan meningkat seiring dengan peningkatan tekanan transmembran.

Secara keseluruhan, kondisi efektivitas pencucian yang tertinggi mencapai 37,17 % yakni pada kondisi konsentrasi pencucian 1 N pada treatment emulsi minyak bertekanan transmembran 1,35 bar. Jika penggunaan bahan kimia dirata-ratakan pada masing-masing kondisi operasi maka perbandingannya mengindikasikan penggunaan basa (NaOH) lebih baik daripada penggunaan Alkali Asam (HCl dan HNO<sub>3</sub>) (Data disajikan pada Gambar 9).



**Gambar 9.** Perbandingan Efektivitas Rata-rata Pencucian Pada Masing-masing Chemical Agent Yang Digunakan.

Efektivitas pencucian rata-rata NaOH mencapai 29,82 % namun efektivitas menurun hingga 16,40 % jika menggunakan HCl sedangkan HNO<sub>3</sub> 8,80 %. Capaian data pada penelitian ini berbeda dengan Costa (2006), Park (2006), dan Handoko, Adiarto dan Anggono (2003).

Efektivitas pencucian pada penelitian Costa (2006) dipengaruhi oleh pH dan temperatur. Sementara pada penelitian Handoko, Adiarto dan Anggono (2003) dipengaruhi oleh metode pencucian.

Perbedaan penelitian ini diduga karena perbedaan metode, kondisi operasi dan variabel yang digunakan. Selain itu, sistem aliran yang dilakukan pada penelitian ini adalah sistem aliran *dead end* sedangkan pencucian dilakukan secara *forward*. Sistem aliran *dead end*, kompaksi lebih cepat terjadi dan polarisasi konsentrasi kecendrungan perubahan lebih signifikan seiring dengan waktu operasi. Meskipun pencucian secara *forward* dihipotesiskan akan mereduksi *foulant* baik yang bersifat reversibel maupun irreversibel secara merata untuk sistem aliran ini.

## 4. Kesimpulan

### 4.1. Kesimpulan

Dari penelitian yang telah dilakukan, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

- 1) Pencucian menggunakan larutan NaOH terbukti lebih efisien menghilangkan *foulant* dibandingkan dengan HCl dan HNO<sub>3</sub>.
- 2) NaOH pada konsentrasi 1 N memberikan efisiensi yang terbaik.
- 3) Konsentrasi yang tinggi belum tentu mengoptimalkan efisiensi pencucian, hal ini tergantung pada tekanan transmembran yang diberikan pada perlakuan treatment emulsi minyak.
- 4) Efektivitas rata-rata NaOH mencapai 29,82 % namun efektivitas menurun hingga 16,40 % jika menggunakan HCl sedangkan HNO<sub>3</sub> 8,80 %.

### Rekomendasi

Pada penelitian lanjutan disarankan untuk mempelajari pengaruh penggunaan larutan pencuci yang lain sesuai dengan karakteristik membran dan emulsi minyak. Sehingga selanjutnya dapat dibandingkan larutan yang lebih efektif digunakan sebagai cairan pencuci. Selain itu perlu ditinjau pengaruh pH, tingkat kekeruhan dan temperatur karena hal ini juga mampu mempercepat terjadinya kompaksi. Serta perlu adanya perbandingan dengan metode backwashing.

## Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih kepada saudara Saytu Rachim dan Amrizal mahasiswa Jurusan Teknik Kimia Universitas Riau yang telah ikut serta dalam pelaksanaan penelitian ini.

## Daftar Simbol

$P_{TM}$  = Tekanan trans-membran (bar)  
 $FR$  = Flux Recovery  
 $J$  = Fluks permeat. (ml/menit.cm<sup>2</sup>)  
 $J_t$  = Filtrat fluks terhadap waktu t (ml/menit.cm<sup>2</sup>)

$J_{wc}$  = Fluks yang diukur setelah pembilasan dengan akuades yang dilakukan setelah pencucian kimia  
 $J_{wi}$  = Fluks yang diukur sebelum pembentukan fluks awal (*hidraoulik permeability water*).  
 $J_{ww}$  = Fluks yang diukur setelah terbentuknya *fouling* tapi sebelum pencucian kimia dilakukan.  
 $\mu$  = Viskositas air absolut  
 $P_i$  = Tekanan umpan (bar)  
 $P_o$  = P keluar (bar)  
 $P_p$  = Tekanan permeat (bar)  
 $P_r$  = P retentat (bar)  
 $Q_f$  = Aliran filtrat (ml/menit)  
 $R_c$  = Resistance Setelah Pencucian.  
 $R_f$  = Resistance Setelah Fouling  
 $R_m$  = Resistance membran.  
 $RR$  = Resistance Removal  
 $S$  = Luas permukaan area membran (cm<sup>2</sup>)

## Daftar Pustaka

- Adyatmadja, 2002, Pengolahan Limbah Cair Emulsi Minyak Menggunakan Teknologi Membran Ultrafiltrasi Metode Cross Flow yang Melibatkan Proses Pretreatment dengan MgCl<sub>2</sub>, Departement Environmental Engineering, Undergraduate Theses from [JBPTITBTL](#).
- Benito JM et al, 2004, Ultrafiltration of a Waste Emulsified Cutting Oil Using Organic Membran. Departement of Chemical Engineering and Environmental Technology, University of Oviedo, Oviedo, Spain, ISSN 004-6979(print)1573-2932 (online), SpringerLink-Journal Article, page 181-185.
- Choi H et al, 2005, Effect of Permeate Flux and Tangential Flow on Membran Fouling for wastewater Treatment, Department of Civil and Environmental Engineering, University of Cincinnati, Cincinnati, OH 45221-0071, USA, Separation Purification Technology, p.68-78, Sciencedirect, Elsevier.
- Faibish RS dan Cohen Y, 2000, Fouling Resistant Ceramic Supported Polymer Membrans for Ultratiltration of Oil in Water Microemulsions, Department of Chemical Engineering, University of California, Los Angeles CA 90095-1592, USA, Journal of Membran Science, Elsevier p.129-143.
- Faibish RS dan Cohen Y, 2001, Fouling and Rejection Behavior of Ceramic and Polymer-Modified Ceramic Membrans for Ultrafiltration of Oil in Water Emulsion and Microemulsions, Department of Chemical Engineering, University of California, Los Angeles, CA 90095-1592, USA, Colloids and Surfaces A:Physicochemical and Engineering Aspects 191, p.27-40, Elsevier.
- Handoko d.k., Adiarto T dan Tri Anggono P, 2003, Upaya Penanganan Membran Fouling Yang Terjadi Pada Proses Membran Selulosa Asetat (Sa) Pada Pen-

- golahan Limbah Tekstil, Jurnal Penelitian Medika Eksakta Vol. 4 No. 2 Agustus 2003: 120–128.
- Kazemimoghdam M dan Mohammadi T, 2007, Chemical Cleaning of Ultrafiltration Membrans in Milk Industry, Research Laboratory for Separation Process, Department of Chemical Engineering, Iran University of Science and Technology, Normak, tehran, Iran, Desalination 204 (2007) 213-218, Elsevier.
- Leiknes T and Semmens MJ, 2000, Membran Filtration for Preferential Removal of Emulsified Oil from Water, Departement of Hydraulic and Environmental Engineering, Norway, Water Science and Technology vol 41 No 10-11 pp101-108, IWA Publishing.
- Lim A.L dan Bai R, 2003, Membran Fouling and Cleaning in Microfiltration of Activated Sludge Wastewater, Department of Chemical and Environmental Engineering, National University of Singapore, Singapore, Journal of Membran Science, p.279-290, Scindirect, Elsevier.
- Miscolia D A, 2000, Development of a Membrane Resistance Based Modeling Framework for Comparison of Ultrafiltration Processes, Departement of Civil and Enviromental Engineering, Disertation, West Vergina.
- Milton J.R., 1978, “Surfactans and Interfacial Phenomena”, Jhon Willey&Sons, New York.
- Mohammadi T et all, 2002, Investigation Membran Fouling, Research Laboratory for Separation Process, Faculty of Chemical Engineering Iran University of Science and Technology, Iran, Desalination 153 p.155-160, Elsevier.
- Notodarmojo S, Mayasanthi D dan Zulkarnaen T, 2004, Pengolahan Limbah Cair Emulsi Minyak dengan Proses Membran Ultrafiltrasi Dua Tahap Aliran Cross Flow, Departemen Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Bandung, PROC. ITB Sains & Tek. Vol 36 A. No.2.2004.45-62.
- Scott JB, 2006, Oil Removal for Produced Water Treatment And Micellar Cleaning of Ultrafiltration Membranes, Texas A&M University, Thesis.
- Scott, 1995).
- Scott, K., 1995, Handbook of Industrial Membrans, edisi ke-1, hal 78-528, Elsevier Advanced Technology, Oxford.
- Zulkarnaen T et all, 2002, Pengolahan Limbah Cair Emulsi Minyak dengan Proses Membran Ultrafiltrasi Dengan Sistem Aliran Dead End, Departemen Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Bandung, PROC. ITB Sains & Tek. Vol 36 A. No.2.2004.45-62.