

PENGARUH PENCUCIAN MEMBRAN ULTRAFILTRASI MENGUNAKAN SURFACTAN DAN NaOH PADA PROSES PENYARINGAN AIR TERPRODUKSI

Sonny Wijaya, Syarfi Daud, Bahruddin
Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Riau
Kampus Binawidya Panam, Pekanbaru 2893
Email: sonnywi@me.com

ABSTRACT

One of water treatment technology that can be used for treat produced water is membrane technology. The most of challenging in membrane technology is fouling. The objective of this research are to study influence of ultrafiltration membrane washing to flux recovery and removal resistance by using surfactant and NaOH for treat produced water. Membrane that to be used on this research is membrane ultrafiltration with pore size between 0.1500 until 0.0014 micron and using capillary module configuration. The method that to be used is current-cross flow for filtration proses with filtration time 180 minutes with pressure in 0.2 bar, 0.4 bar, 0.6 bar and concentration of cleaning agent surfactant and NaOH in 1.5%, 2.0% and 2.5% by using counter-cross flow with pressure 0.8 bar and time for washing in 30 minutes. The highest washing effectiveness rate of 69.53% obtained by using surfactant 2.5% and filtration pressure 0.6 bar, the highest leaching efficiency based on flux recovery value is 99.32% and 99.65% for removal resistance obtained by using surfactant 2.5% and filtration pressure 0.2 bar.

Key words: flux recovery, fouling, produced water, removal resistance, surfactant, ultrafiltration membrane

1. Pendahuluan

Proses produksi minyak dan gas bumi selalu dihasilkan beberapa produk sampingan antara lain air yang sering disebut sebagai air terproduksi. Air terproduksi yang dihasilkan mengandung partikel padatan, *nonemulsified oil*, *stable emulsified oil*, *insoluble solid*, karbon, NH₃, H₂S, Phenol, COD (*Chemical Oxygen Demand*) dan BOD (*Biology Oxygen Demand*). Kandungan bahan-bahan diatas menyebabkan air terproduksi

digolongkan sebagai air limbah dan memerlukan pengolahan jika hendak digunakan sebagai air proses, air minum atau jika hendak dibuang ke sumber air.

Salah satu pengolahan air limbah yang saat ini banyak diteliti adalah menggunakan teknologi membran dikarenakan keunggulan yang dimiliki oleh teknologi ini yaitu hemat energi, biaya operasi rendah, dapat beroperasi pada suhu rendah, dapat dikombinasikan dengan proses pengolahan lain, dampak kelingkungan kecil,

prosesnya mudah dan berlangsung secara kontiniu.

Masalah utama dalam teknologi membran adalah *fouling* yang disebabkan oleh menumpuknya material pengotor baik dipermukaan membran maupun di pori-pori membran. *Fouling* menyebabkan kinerja membran menjadi turun yang dapat dilihat dari laju alir per satuan luas permukaan membran (Flux Recovery, FR) dan Tahanan yang dapat dihilangkan (Removal Resistance, RR). Penelitian yang dilakukan oleh Amrizal (2008) menunjukkan bahwa NaOH lebih baik sebagai bahan pencuci dibandingkan HCl pada pencucian membran untuk penyaringan air yang mengandung emulsi minyak dan Anggi (2013) menunjukkan bahwa penggunaan detergen 1,5% memperoleh efektifitas pencucian tertinggi di 30,55% dan efisiensi pencucian tertinggi untuk nilai *flux recovery* 69,66% dan untuk *resistance removal* 30,55%.

Penelitian ini menggunakan membran ultrafiltrasi modul kapiler berbahan *polysulfone* dengan jenis aliran *current-cross flow* untuk penyaringan dan aliran *counter-cross flow* (Gambar 1) untuk pencucian, cairan pencuci *surfactant* (S 5563) yang mengandung bahan utama *Nonyl Phenol Ethoxylate* (10-30%) dan *Proprietary Surfactant* (10-30%) dan NaOH.

Tujuan penelitian ini yaitu mempelajari tekanan trans membran terhadap fluks, mempelajari pengaruh tekanan trans membran terhadap tingkat efektifitas dan efisiensi pencucian serta mempelajari pengaruh konsentrasi

cairan pencuci terhadap tingkat efektifitas dan efisiensi pencucian.

2. Metode Penelitian

Bahan Penelitian

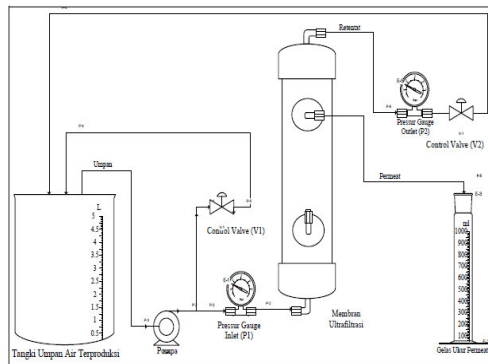
Bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi air terproduksi dari lapangan minyak ringan, *surfactant* S 5563 produksi PT. Clariant, NaOH buatan PT. Tjiwi Kimia, Aquades produksi Laboratorium Teknik Kimia Universitas Riau dan Laboratorium Chevron.

Peralatan Penelitian

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah unit membran ultrafiltrasi, pompa diafragma, timbangan analitik, stopwatch, gelas ukur, gelas beaker, jirigen dan ember.

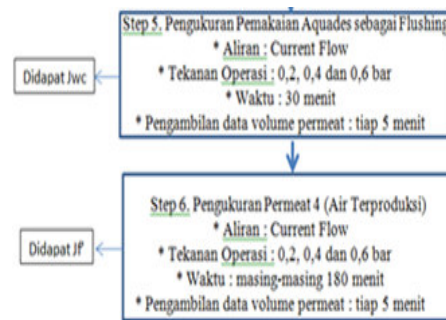
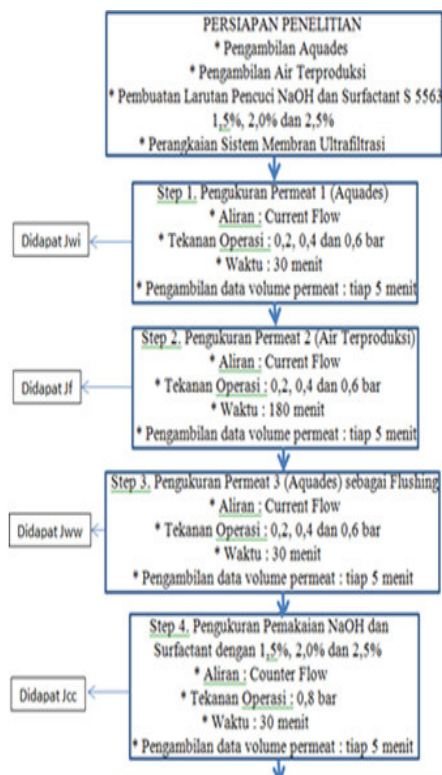
Prosedur Penelitian

Persiapan bahan penelitian berupa air terproduksi, cairan pencuci *surfactant* dan NaOH dengan konsentrasi 1,5%, 2,0% dan 2,5% dan persiapan peralatan yang diperlukan (Gambar 1). Air terproduksi yang digunakan mengandung oil content 35-55 mg/l, hardness 70-85 mg/l, turbidity 30-50 NTU, TDS 3000-3500 ppm serta pH 6-8.



Gambar 1. Diagram Unit Ultrafiltrasi Counter Flow

Prosedur penelitian kemudian dilanjutkan sesuai diagram alir pada Gambar 2, dimana dilangkah terakhir dilakukan penyaringan air terproduksi tanpa pencucian dan pembilasan untuk tekanan 0,2 bar, 0,4 bar dan 0,6 bar selama masing-masing 180 menit.



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

Teknik Analisa

Beberapa persamaan yang digunakan untuk menghitung:

- flux (Faibish dan Cohen, 2000) adalah :

$$J_t = \frac{Q_f}{A} \quad (\text{Pers. 1})$$

J_t = Filtrasi, flux terhadap waktu, (ml/menit.cm²)

Q_f = Aliran filtrat, (ml/menit)

A = Luas permukaan membran, (cm²)

- Tekanan trans membran dapat dicari dengan persamaan (Cumming et al. 1999) yaitu:

$$P_{tm} = \frac{P_i - P_o}{2} - P_p \quad (\text{Pers. 2})$$

P_{tm} = Tekanan trans membran, (bar)

P_i = Tekanan umpan, (bar)

P_o = Tekanan keluar, (bar)

P_p = Tekanan permeat, (bar)

- Resistance membran mengikuti hukum Darcy (Masciola, 2000) yaitu :

$$J = \frac{Q}{A \cdot t} \quad (\text{Pers. 3})$$

$$\text{atau } R_m = \frac{P_t}{J \cdot \mu} \quad (\text{Pers. 4})$$

R_m = Resistance membran,
 [bar/(cP.ml/menit.cm²)]
 P_t = Tekanan trans membran, (bar)
 μ = Viskositas air absolut, (cP)
 J = Flux permeat, (ml/menit.cm²)

- Resistance removal dan flux recovery (Mohammadi & Kazemimoghadam, 2006) adalah :

$$RR = \frac{R_f}{R_c} \times 100\% \quad (\text{Pers. 5})$$

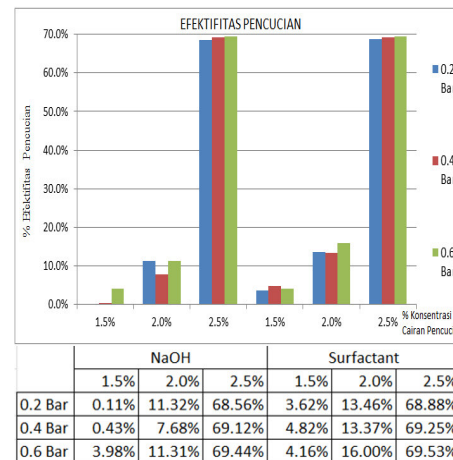
$$FR = \frac{J_{ww}}{J_{wi}} \times 100\% \quad (\text{Pers. 6})$$

RR = Resistance Removal, (%)
 FR = Flux Recovery, (%)
 R_f = Resistance setelah fouling,
 [bar/ (cP.ml/menit.cm²)]
 R_c = Resistance setelah pencucian,
 [bar/ (cP.ml/menit.cm²)]
 J_{wc} = Flux setelah pembilasan
 dengan aquades yang dilakukan
 setelah pencucian kimia,
 (ml/menit.cm²)
 J_{ww} = Flux setelah terbentuknya
 fouling tapi sebelum pencucian
 dilakukan, (ml/menit.cm²)
 J_{wi} = Flux sebelum pembentukan
 flux awal (hidraulik permeability
 water), (ml/menit.m²).

3. Hasil dan Pembahasan

Efektifitas tertinggi yang didapat dicapai di 69,53% pada penggunaan cairan pencuci *surfactant* 2,5% dengan tekanan

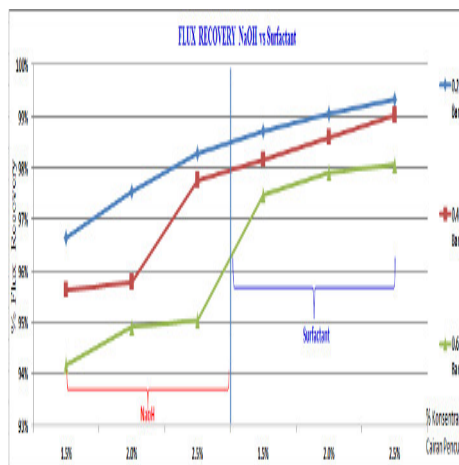
trans membran air terproduksi 0,6 bar seperti dapat terlihat pada Gambar 3 dibandingkan dengan penelitian Anggi (2013) dimana efektifitas tertinggi didapat 30,55% menggunakan detergen 1,5% pada tekanan trans membran 1,0 bar untuk air terproduksi dari lapangan *heavy oil*.



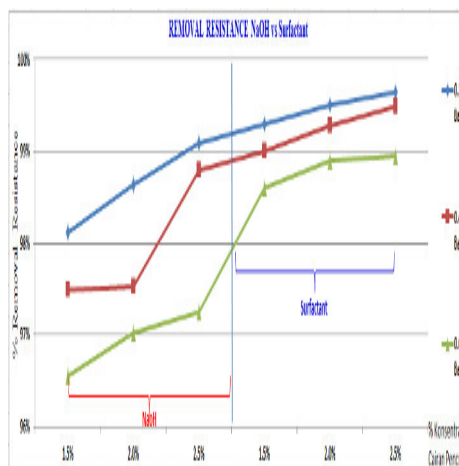
Gambar 3. Efektifitas Pencucian Berdasarkan Tekanan dan Konsentrasi Cairan Pencuci

Efisiensi pencucian tertinggi berdasarkan *flux recovery* dicapai di 99,32% dan berdasarkan *removal resistance* di 99,65% pada penggunaan *surfactant* 2,5% dan tekanan trans membran 0,2 bar seperti dapat terlihat pada Gambar 4 dan Gambar 5. Efisiensi pencucian pada penelitian ini lebih baik dibandingkan penelitian Anggi (2013) dimana flux recovery tertinggi didapat 69,66% menggunakan detergen 1,5% pada tekanan trans membran 1,0 bar dan Removal resistance tertinggi didapat 69,66% untuk air terproduksi dari lapangan *heavy oil*. Flux recovery penelitian ini juga lebih baik dibandingkan dengan penelitian

Martin (2013) dimana *flux recovery* tertinggi didapat 60% untuk *functionalized membrane* dan 70,27% untuk *raw membrane* menggunakan cairan pencuci *acetylation* untuk *oil/water emulsion produced* di industry pengolahan logam.



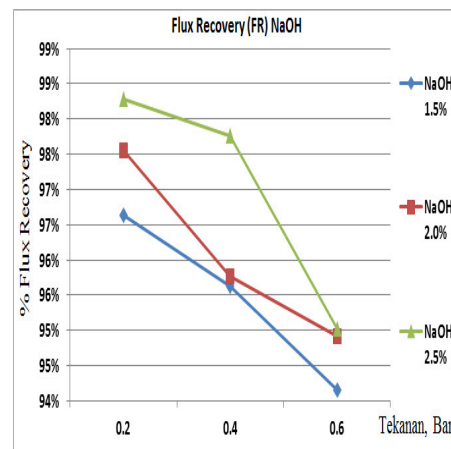
Gambar 4. Flux Recovery NaOH vs Surfactant



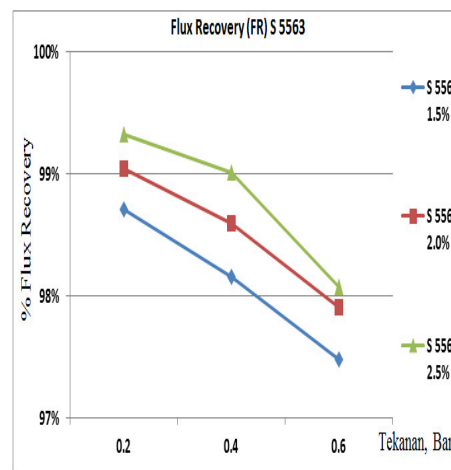
Gambar 5. Removal Resistance NaOH vs Surfactant

Gambar 6 dan Gambar 7 memperlihatkan hubungan antara *flux recovery* dan tekanan pada berbagai konsentrasi cairan pencuci

dimana semakin tinggi tekanan trans membran memberikan nilai *flux recovery* yang makin kecil.

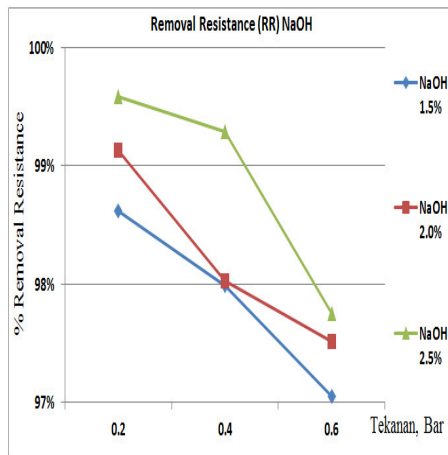


Gambar 6. FR NaOH berdasarkan Tekanan

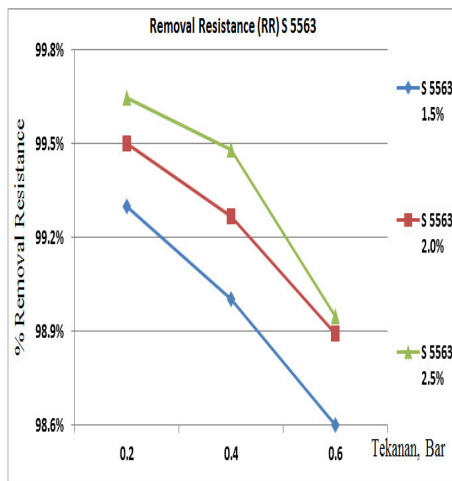


Gambar 7. FR Surfactant berdasarkan Tekanan

Gambar 8 dan Gambar 9 memperlihatkan hubungan antara *removal resistance* dan tekanan pada berbagai konsentrasi cairan pencuci dimana semakin tinggi tekanan penyaringan yang sejalan dengan tekanan trans membran memberikan nilai *removal resistance* yang semakin kecil.

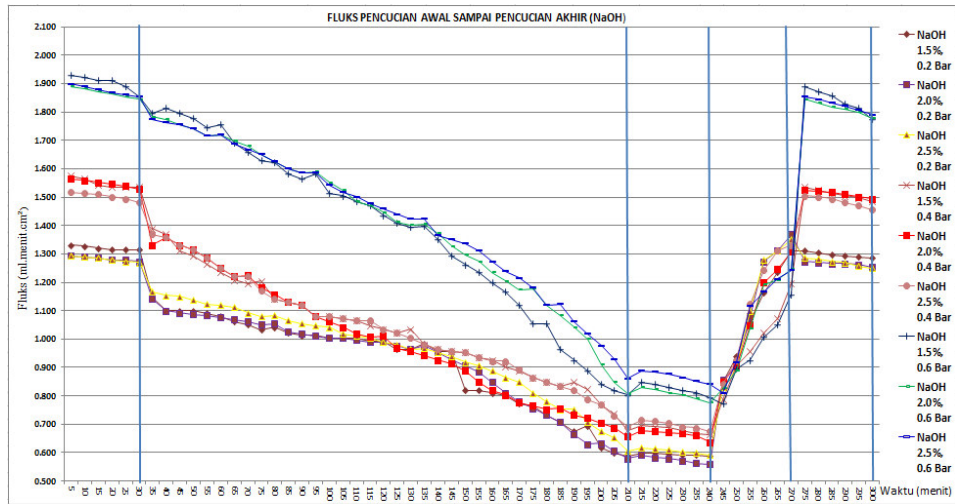


Gambar 8. RR NaOH berdasarkan Tekanan

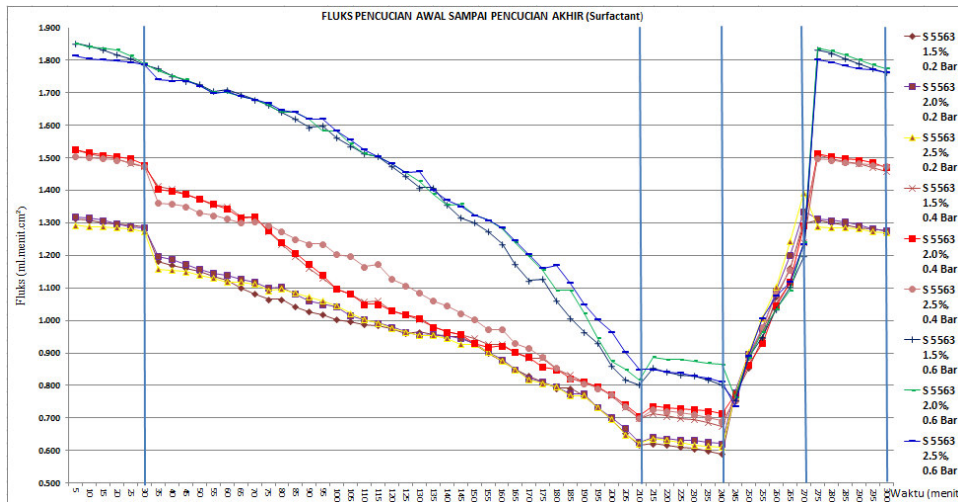


Gambar 9. RR *Surfactant* berdasarkan Tekanan

Fenomena fluks pada operasi membran ultrafiltrasi dalam proses penyaringan air terproduksi dapat dilihat pada gambar 10 dan gambar 11, dimana menggambarkan secara jelas penurunan fluks terjadi disaat mulai proses penyaringan air terproduksi pada menit ke-35 dan mulai naik kembali setelah dilakukan pencucian menggunakan bahan kimia *Surfactant* dan NaOH pada menit ke-240. Jika dilihat berdasarkan perbedaan bahan pencuci, *surfactant* menunjukkan pengembalian nilai fluks setelah terjadinya *fouling* yang lebih baik dibandingkan NaOH.



Gambar 10. Fenomena Fluks menggunakan NaOH sebagai Pencuci



Gambar 11. Fenomena Fluks menggunakan Surfactant sebagai Pencuci

Paramater	Unit	Hasil		Baku Mutu Air Minum
		Sampel A	Sampel B	
Aluminium as Al	mg/L	0,03	0,09	≤ 0,2
Arsenic as As	mg/L	<0,01	<0,01	≤ 0,01
Iron as Fe	mg/L	0,03	<0,02	≤ 0,3
Manganese as Mn	mg/L	0,01	0,02	≤ 0,4
Cadmium as Cd	mg/L	<0,03	<0,003	≤ 0,003
Chromium as Cr +6	mg/L	0	0	≤ 0,05
Copper as Cu	mg/L	<0,01	<0,01	≤ 2
Lead as Pb	mg/L	0,13	0,124	≤ 0,01
Mercury as Hg	mg/L	<0,001	<0,01	≤ 0,001
Zinc as Zn	mg/L	0,03	0,2	≤ 3
Selenium as Se	mg/L	<0,01	<0,01	≤ 0,01
Sulphate as SO ₄	mg/L	5	4	≤ 250
Fluoride as F	mg/L	<0,01	<0,01	≤ 1,5
Nitrate as NO ₃	mg/L	0,88	0,88	≤ 50
Nitrite as NO ₂	mg/L	0,13	0,15	≤ 3
Amonia (NH ₃ -N)	mg/L	6,2	5,4	≤ 1,5
Cyanide as CN	mg/L	0	0	≤ 0,07
Chloride as Cl	mg/L	885	715	≤ 250
Hardness	mg/L	65	59	≤ 500
Odor		Slightly odor	Slightly odor	no odor
Oil Content	mg/L	7	5	0
Ph		7,88	7,87	6,5-8,5
Turbidity	NTU	4	3	≤ 5
TDS	mg/L	2275	2065	≤ 500
Taste		slightly taste	slightly taste	no taste
Conductivity	umhos/cm	4550	4130	na
Color	TCU	27	23	≤ 15

Tabel 1. Hasil Analisa Penyaringan Air Terproduksi

Hasil analisa air terproduksi hasil penyaringan menggunakan membran ultrafiltrasi masih belum memenuhi baku mutu air minum sehingga memerlukan pengolahan lebih lanjut jika hendak dijadikan air minum.

4. Kesimpulan

Beberapa kesimpulan yang didapat dari penelitian ini:

1. Tekanan trans membrane sangat mempengaruhi nilai fluks yang didapat dimana semakin tinggi tekanan trans membrane nilai fluks yang didapat juga makin tinggi.
2. Tekanan trans membran juga mempengaruhi efektifitas dan efisiensi pencucian, hal ini dapat dilihat dari efektifitas pencucian tertinggi dicapai di 69,53% pada

tekanan trans membran 0,6 bar dan konsentrasi cairan pencuci *surfactant* 2,5% dan efisiensi pencucian tertinggi berdasarkan nilai *flux recovery* dicapai di 99,32% dan berdasarkan nilai *Resistance Removal* dicapai di 99,65% pada tekanan trans membran 0,2 bar dan konsentrasi cairan pencuci *surfactant* 2,5%.

3. Konsentrasi cairan pencuci mempengaruhi tingkat efektifitas dan efisiensi pencucian dimana pada konsentrasi bahan pencuci tertinggi yaitu 2,5% diperoleh tingkat efektifitas (69,53% untuk *surfactant* dan 69,44% untuk NaOH) dan efisiensi pencucian tertinggi (FR 99,32% dan RR 99,65% untuk *surfactant* dan FR 98,3% dan RR 99,08% untuk NaOH).

5. Saran

Penelitian selanjutnya disarankan untuk menggunakan tekanan pencucian yang lebih besar dari 0,8 bar namun tetap menggunakan cairan pencuci dan konsentrasi yang sama untuk melihat nilai efektifitas dan efisiensi. pencucian berdasarkan *flux recovery* dan *removal resistance* yang dicapai apakah lebih baik.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah ikut membantu penulis dalam melakukan penelitian ini yaitu PT. CPI, Teknisi Laboratorium Teknik Kimia UNRI, Para Dosen di Jurusan Teknik Kimia dan Staff Tata Usaha UNRI serta pihak-pihak lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Dwi Putra, Anggi, 2013, Pencucian Secara Kimia Membran Ultrafiltrasi Sistem Aliran Cross Flow Pada Proses Penyaringan Air Terproduksi, Penelitian, UNRI
- [2] Muhammad Abbas Ahmad Zaini, 2013, Rejection of Oil Emulsion using Tubular Surface Filters, UTM, Malaysia.
- [3] Martin Alberto Masuelli, 2013, Synthesis Polysulfone-Acetyethanol Ultrafiltration Membranes. Application to Oily Wastewater Treatment, Universidad Nacional de San Luis, Chacabuco, San Luis, Argentina
- [4] Nita Aryantia et all, 2012, Fouling and Rejection Behaviour of Ultrafiltration for Oil in Water Emulsion Separation, UNDIP
- [5] Cumming, I.W., Holdich, R.G. & Ismail, B. 1999a. Prediction of deposit depth and transmembrane pressure during crossflow microfiltration. *Journal of Membrane Science* 154: 229-237.
- [6] Assomadi, A.F, dan Purwanti, I.F., 2007, Pengolahan Air Terproduksi Menggunakan Sequencing Batch Reactor (SBR), Penelitian, ITS.
- [7] Benny, A., 2011, Pencucian Kimia Membran Ultrafiltrasi Sistem Aliran Cross Flow Pada Proses Pengolahan Lindi Sampah TPA Muara Fajar Pekanbaru, Penelitian, UNRI.
- [8] Cheryan, M., 1986, Ultrafiltration and Microfiltration handbook, Technomic Publishing, Lancaster, PA, p120-154
- [9] Scott, K., 1995, Handbook of Industrial Membranes, edisi ke-1, Elsevier Advanced Technology, Oxford, 78-528.
- [10] Weast, R.C., 1976, Handbook of Chemistry and Physics, CRC Press, Cleveland, Ohio, F-40.
- [11] Karamah, E.F., dan Lubis, A.O., 2010, Pralakuan Koagulasi Dalam Proses Pengolahan Air Dengan Membran: Pengaruh Waktu Pengadukan Pelan Koagulan Aluminium Sulfat Terhadap Kinerja Membran, Penelitian, UI.
- [12] Kazemimoghadam, M. dan Mohammadi, T., 2006, Chemical Cleaning of Ultrafiltration Membran in Milk Industry, *Desalination* 204, 213-218.
- [13] Masciola, D.A., 2000, Development of a Membrane Resistance Based Modeling Framework for Comparison of Ultrafiltration Processes, Thesis, West Virginia.
- [14] Mohammadi, T., Madaeni, S.S., dan Moghadam, M.K., 2002, Investigation of membrane fouling, *Desalination* 153, 155-160.