

**PENGARUH KONSENTRASI *CHEMICAL CLEANING AGENT* (HCl DAN DETERGEN) SERTA TEKANAN TRANS-MEMBRAN DALAM MEREGENERASI KINERJA MEMBRAN ULTRAFILTRASI PADA PENYARINGAN AIR GAMBUT**

**Nia Amelia, Syarfi, Maria Peratenta**

Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Riau  
Kampus Binawidya Km 12,5 Simpang Baru Panam, Pekanbaru 28293  
Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Riau  
niaamelia270892@yahoo.com

**Abstract**

The main challenge in the use of membrane technology is fouling. This research aims to study the trans-membrane pressure on the flux, studied the effectiveness and efficiency of HCl as chemical cleaning agent and detergents in the regeneration of ultrafiltration membranes in water filtration surgery peat. The study was conducted using ultrafiltration membranes with water bait peat. The method used is by varying the operating pressure of 1 bar and 1.5 bar, variations in the concentration of HCl and detergents 1%, 1.5% and 2%. Peat water filtration process lasted 120 minutes and wash each time is 30 minutes, the highest level of effectiveness of washing detergent obtained 20.77% using 2% and trans-membrane pressure of 1 bar, the highest leaching efficiency based on the value of the flux recovery 82.89 % and based on the resistance value of 22.73% removal. Value highest average flux after chemical leaching obtained 0.48 ml / menit.cm<sup>2</sup> using detergent.

**Keywords:** peat water, chemical cleaning agent, fouling, ultrafiltration membranes.

**PENDAHULUAN**

Air merupakan salah satu kebutuhan yang vital dan merupakan unsur dasar bagi kehidupan di bumi. Lebih dari 70 persen komponen penyusun makhluk hidup adalah air. Tanpa air, berbagai proses kehidupan tidak dapat berlangsung dengan baik. Berbagai macam sumber air baku dapat diolah menjadi air yang layak dikonsumsi. Adapun sumber air baku adalah air permukaan, mata air dan air tanah. Sedangkan macam – macam air baku di alam adalah air

sungai, air danau/ waduk, rawa, air tanah dan mata air serta air laut.

Riau adalah daerah yang banyak memiliki lahan gambut, oleh sebab itu, lahan tersebut memberikan air yang bersifat gambut. Air gambut adalah air yang berwarna coklat tua sampai kehitaman (124 - 850 PtCo). Daerah yang berair gambut ini biasanya daerah yang berawa yang memiliki kadar organik yang tinggi (138 - 1560 mg/lit KmnO<sub>4</sub>), dan bersifat asam dengan pH antara 3,7-5,3 (Kusnaedi, 2006). Pengolahan air gambut secara konvensional melalui sejumlah tahapan proses, akan tetapi

pengolahan secara konvensional masih memiliki kelemahan yaitu memerlukan tambahan bahan kimia, membutuhkan lahan yang besar, proses pengolahan yang lama, dan biaya proses pengolahan relatif yang mahal, untuk itu digunakan teknologi proses yang tepat dan sedang berkembang saat ini yaitu menggunakan teknologi membran.

Teknologi membran adalah salah satu teknologi pengolahan air, dimana membran mampu memisahkan komponen kimia secara spesifik, dapat beroperasi pada suhu rendah, kontinu, hemat energi, prosesnya tidak destruktif terhadap zat-zat yang dipisahkan dan tidak menimbulkan dampak yang negatif terhadap lingkungan sehingga dapat disebut sebagai *clean technology*. Proses ini akan melewati air gambut ke dalam membran yang mampu menahan partikel – partikel serta koloid yang ukurannya lebih besar dari ukuran pori membran. Permasalahan umum pada membran adalah terjadinya *fouling* yang diakibatkan oleh *foulant* yang terakumulasi pada membran. Hal ini dapat direduksi dengan metode pencucian menggunakan *chemical cleaning agent*.

Penelitian ini akan mempelajari tekanan trans-membran terhadap fluks, mempelajari efektifitas dan efisiensi bahan kimia pencuci HCl dan detergen dalam proses regenerasi membran ultrafiltrasi pada operasi penyaringan air gambut. Dalam mengkaji tingkat efektifitas HCl dan detergen untuk proses pencucian membran pada operasi penyaringan air gambut. Ada dua parameter yang perlu diamati sebagai metoda pengendali *fouling*, yakni

tekanan operasi trans-membran dan konsentrasi bahan kimia pencuci.

## METODE PENELITIAN

### Bahan dan Alat

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi :

#### a. Bahan

Penelitian ini menggunakan bahan baku utama air gambut sebagai bahan baku utama, bahan kimia HCl dan detergen sebagai *chemical cleaning agent*, aquades.

#### b. Alat

Peralatan utama yang digunakan pada penelitian ini adalah satu unit modul membran ultrafiltrasi, pompa jenis diafragma, timbangan analitik, *stopwatch*, gelas 1000 ml, ember penampung, derigen 5 L dan 35 L.

### Variabel Penelitian

#### Variabel tetap :

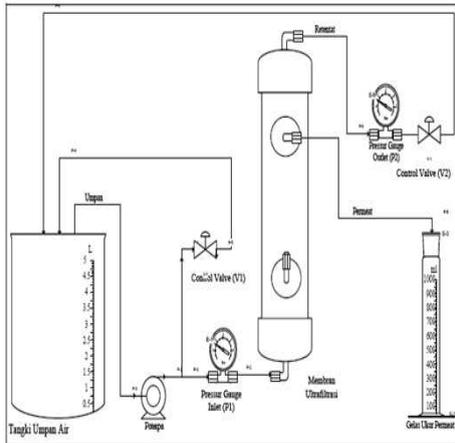
1. Waktu untuk pembilasan dengan aquades 30 menit.
2. Waktu untuk pemisahan air gambut 120 menit.
3. Waktu untuk pencucian menggunakan *Chemical cleaning agent* (HCl dan detergen) 30 menit.

#### Variabel berubah :

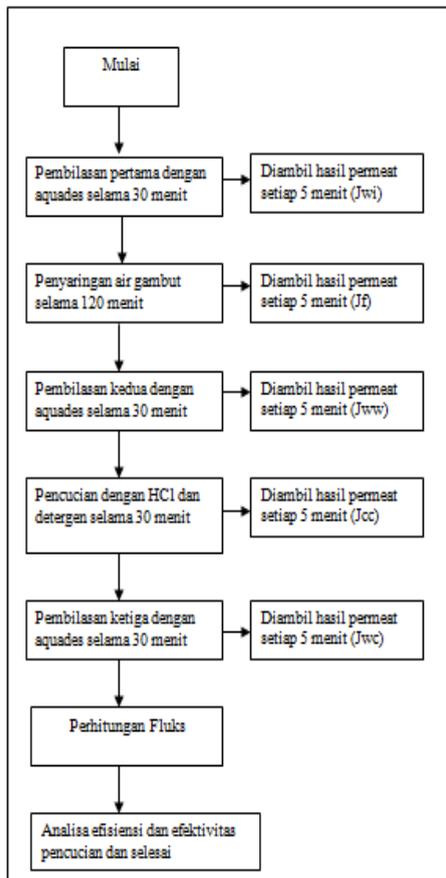
1. Perlakuan pada air gambut dengan memvariasikan tekanan pompa 1 bar & 1,5 bar.
2. Perlakuan pada *chemical cleaning agent* dengan memvariasikan konsentrasi 1%, 1,5% & 2%.

### Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian ini ditampilkan pada gambar 1.



**Gambar 1.** Rangkaian proses penyaringan air gambut



**Gambar 2.** Flow chart prosedur penelitian

### Prosedur

Hal pertama yang dilakukan adalah mengisi ember dengan aquades sebanyak 10 L. Set *stopwatch* pada angka 0 dan aktifkan pompa sambil mengatur tekanan (P1) 1 bar dengan mengatur bukaan katup V1. Memindahkan selang permeat ke gelas ukur, sesaat dipindahkan ke gelas ukur jalankan *stopwatch*. Tekanan harus tetap dijaga agar selalu stabil sesuai dengan tekanan yang diinginkan. Setelah dapat volume di gelas ukur, masukkan data ke tabel. Kemudian melanjutkan langkah tersebut untuk memperoleh data berikutnya. Melakukan pemeriksaan setiap langkah penelitian, apakah terjadi kebocoran terutama pada tiap-tiap sambungan. Percobaan dihentikan jika terjadi kebocoran dan melakukan perbaikan.

### Teknik Analisa Data

Analisa yang dilakukan untuk pencucian secara kimia adalah dengan menghitung persen *Resistance Removal* (RR%) dan *Flux Recovery* (FR%) pada berbagai kondisi konsentrasi *chemical cleaning agent* terhadap masing-masing kondisi operasi filtrasi. Persamaan yang digunakan untuk menghitung persen *Resistance Removal* dan persen *Flux Recovery* (Kazemimoghadam dan Mohammadi, 2007) 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:

$$Jt = Qf/A$$

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

$$R_m = \Delta P / \mu \cdot J$$

Tekanan Trans-membran dihitung dengan rumus :

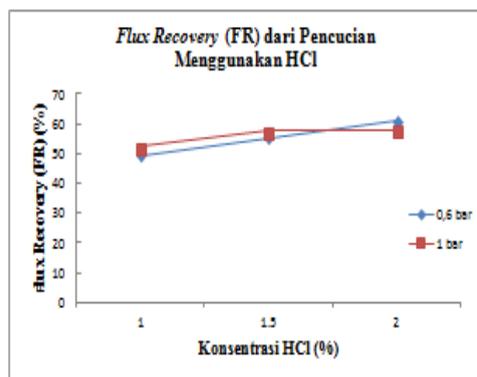
$$P_{tm} = (P_i + P_o) / 2$$

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

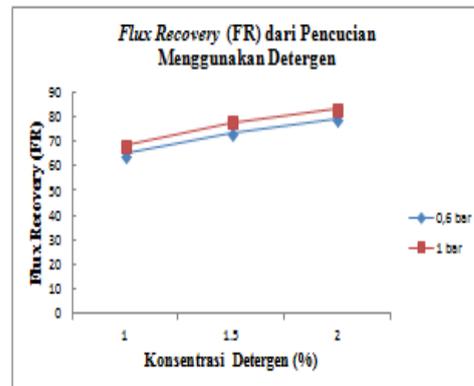
$$\text{Cleaning efectivness (\%)} = (1 - \text{avg}(\text{uncleaned fluks} / \text{cleaned fluks})) \cdot 100$$

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Efisiensi pencucian pada membran ultrafiltrasi dengan menggunakan *chemical cleaning agent* ditunjukkan oleh parameter *Flux Recovery* (FR) dan *Resistance Removal* (RR). Parameter tersebut mengindikasikan seberapa besar bahan pencuci yang digunakan mampu meregenerasikan kinerja membran setelah pembentukan *fouling* dari penyaringan air gambut. Data mengenai FR dan RR dapat dilihat pada gambar 3, 4, 5 dan gambar 6.



**Gambar 3.** Nilai FR menggunakan HCl pada pencucian membran



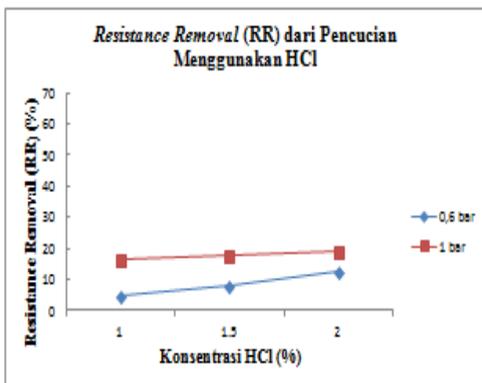
**Gambar 4.** Nilai FR menggunakan detergen pada pencucian membran

Pada grafik diatas membuktikan bahwa *Flux Recovery* (FR) yang diperoleh dari pencucian menggunakan bahan pencuci (HCl dan detergen) semakin meningkat seiring dengan naiknya konsentrasi bahan pencuci, tetapi dengan naiknya tekanan trans-membran tidak memberi pengaruh besar kepada nilai FR karena *range* kenaikan tekanan trans-membran tidak terlalu besar.

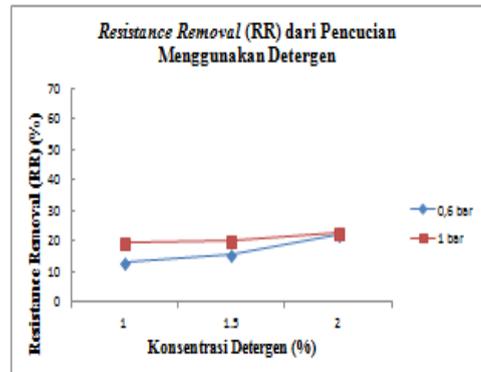
Untuk nilai *Flux Recovery* (FR) tertinggi dengan menggunakan bahan pencuci HCl didapat 60,8 % dengan konsentrasi HCl 2% tekanan, sedangkan nilai FR terendah adalah 49,47% dengan konsentrasi HCl 1%. Nilai FR tertinggi yang menggunakan bahan pencuci detergen mencapai 82,89% dengan konsentrasi detergen 2% dan nilai FR terendahnya adalah 68,14% untuk konsentrasi detergen 1%. Nilai FR untuk bahan pencuci detergen 1% lebih besar dibandingkan dengan menggunakan bahan pencuci HCl 2%. Hal ini mengindikasikan bahwa HCl adalah *chemical cleaning agent* yang bersifat asam dan lebih lemah dalam menghancurkan *foulant* pada membran bila dibandingkan dengan detergen yang mengandung larutan

penstabil emulsi yang disebut sebagai surfaktan. Oleh karena itu, pengembalian nilai presentasi *flux* ke arah permeat setelah proses pencucian kimia pada membran dengan menggunakan bahan pencuci detergen lebih tinggi dibandingkan menggunakan HCl.

Semakin tinggi konsentrasi bahan pencuci maka efisiensi pencucian juga semakin meningkat. Hal ini menunjukkan bahwa efisiensi pencucian sangat dipengaruhi oleh konsentrasi bahan pencuci dan jenis bahan pencuci yang digunakan karena semakin tinggi konsentrasi bahan pencuci maka semakin besar kemampuan bahan pencuci untuk mereduksi *irreversible foulant* yang menempel pada membran. Selain *Flux Recovery* (FR), efisiensi pencucian pada membran ultrafiltrasi dengan menggunakan bahan pencuci juga diindikasikan dengan parameter *Resistance Removal* (RR) yang dapat dilihat pada gambar 5 dan 6.



**Gambar 5.** Nilai RR menggunakan HCl pada pencucian membran



**Gambar 6.** Nilai RR menggunakan detergen pada pencucian membran

Pada grafik diatas menunjukkan peningkatan nilai *Resistance Removal* (RR) yang diperoleh dari pencucian menggunakan bahan pencuci (HCl dan detergen) juga disertai dengan meningkatnya konsentrasi bahan pencuci, tetapi dengan naiknya tekanan trans-membran tidak memberi peningkatan yang terlalu *significant* terhadap nilai RR karena *range* kenaikan tekanan trans-membran tidak terlalu besar.

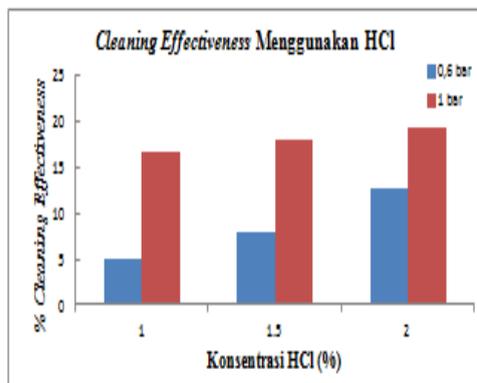
Untuk nilai RR tertinggi dengan menggunakan bahan pencuci HCl didapat 12,612 % dengan konsentrasi HCl 2%, sedangkan nilai RR terendah adalah 4,749% dengan konsentrasi HCl 1%. Kemudian nilai RR tertinggi yang menggunakan bahan pencuci detergen mencapai 22,73% dengan konsentrasi detergen 2% dan nilai RR terendah 19,353% untuk konsentrasi detergen 1%. Nilai RR untuk bahan pencuci detergen 1% lebih besar dibandingkan dengan menggunakan bahan pencuci HCl 2% karena detergen merupakan larutan bipolar yang artinya mempunyai dua kutub yang berbeda, yakni hidrofolik dan hidrofobik, secara umum rantai hidrofolik adalah ikatan yang mampu mengikat air

dengan baik sedangkan rantai hidrofobik mampu mengikat minyak dan kandungan organik dengan baik. *Fouling* yang terbentuk pada permukaan membran yang terdapat pada air gambut akan berikatan dengan rantai hidrofobik yang terdapat pada detergen. Oleh karena itu nilai RR pada bahan pencuci detergen lebih tinggi dengan bahan pencuci HCl.

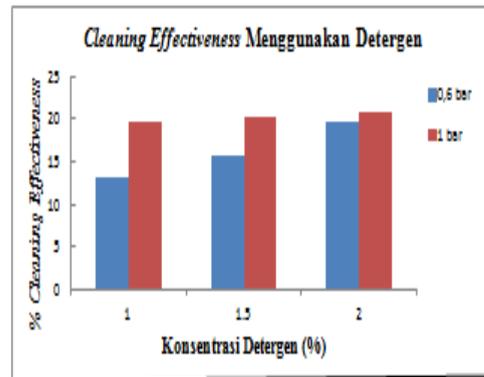
Efisiensi pencucian sangat dipengaruhi oleh konsentrasi bahan pencuci dan jenis bahan pencuci yang digunakan karena semakin tinggi konsentrasi bahan pencuci maka semakin besar kemampuan bahan pencuci untuk mereduksi *reversible foulant* yang menempel pada membran.

#### Efektivitas Pencucian

Efektivitas pencucian bahan kimia pada operasi membran berdasarkan perbandingan antara nilai *flux* sebelum dilakukan pencucian dengan nilai *flux* setelah dilakukan pencucian. Gambar 7 dan 8 memperlihatkan hasil pengujian tingkat efektivitas suatu bahan kimia pencuci dalam operasi penyaringan air gambut.



**Gambar 7.** Efektivitas Pencucian Menggunakan HCl

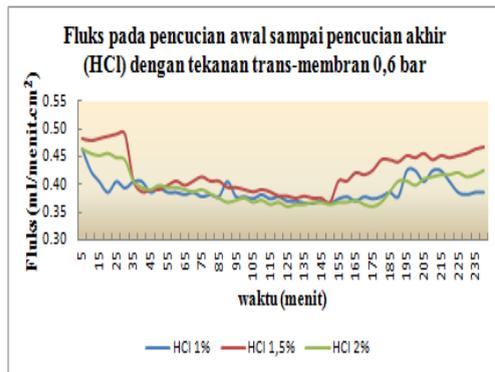


**Gambar 8.** Efektivitas Pencucian Menggunakan Detergen

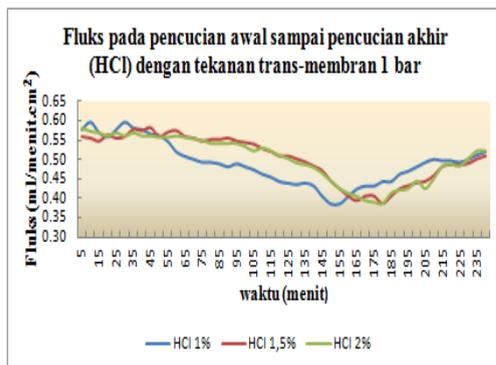
Pada grafik di atas terlihat bahwa tingkat efektivitas pencucian tertinggi pada operasi membran ini mencapai 20,77% pada konsentrasi detergen 2% dan tingkat efektivitas pencucian terendah 4,89% didapat pada bahan kimia pencuci HCl dengan konsentrasi 1%. Hal ini dianalisis karena kemampuan surfaktan yang terkandung di dalam detergen terlihat lebih baik bila dibandingkan HCl yang bersifat asam dalam mengurangi *fouling* yang terbentuk pada permukaan membran sedangkan detergen mengandung surfaktan yang memiliki sifat bipolar, sedangkan HCl adalah zat pembersih tanpa surfaktan yang kurang stabil dalam proses pencucian karena hanya bersifat asam.

#### 4.3 Fenomena Fluks Pada Operasi Membran

Fenomena fluks pada operasi membran dalam proses penyaringan air gambut dapat dilihat pada gambar 9,10,11 dan gambar 12.



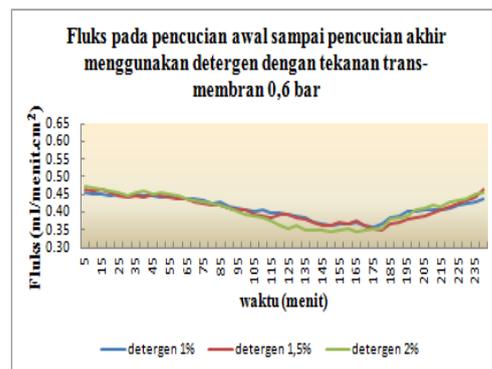
**Gambar 9.** Fenomena Fluks Menggunakan HCl dengan Tekanan Trans-membran 0,6 bar



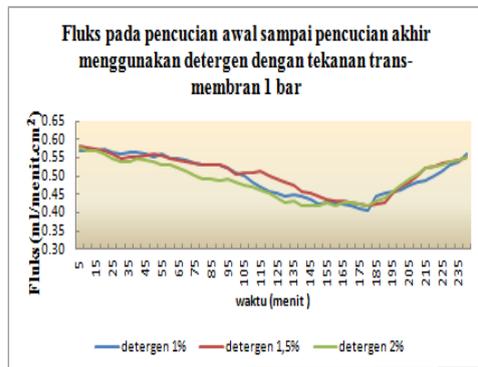
**Gambar 10.** Fenomena Fluks Menggunakan HCl dengan Tekanan Trans-membran 1 bar

Pada kedua grafik diatas terdapat 5 tahapan proses dalam pencucian membran ultrafiltrasi dengan variasi konsentrasi bahan pencuci dan tekanan trans-membran. Menit ke-5 sampai ke-30 adalah proses pembilasan aquades pertama dengan fluks rata-rata  $0,51 \text{ ml/minit.cm}^2$ , kemudian pada menit ke-35 hingga menit ke-150 adalah proses penyaringan air gambut dengan fluks rata-rata  $0,449 \text{ ml/minit.cm}^2$ . Pada menit ke-160 hingga menit ke-180 dilakukan pembilasan kedua menggunakan aquades dengan fluks rata-rata  $0,397 \text{ ml/minit.cm}^2$ . Hal ini membuktikan bahwa nilai fluks menurun yang

disebabkan fenomena *fouling* pada membran ultrafiltrasi. Selanjutnya dilakukan pencucian menggunakan HCl dengan variasi konsentrasi pada menit ke-185 sampai menit ke-210 sehingga didapatkan nilai fluks rata-rata sebesar  $0,432 \text{ ml/minit.cm}^2$ . Kenaikan nilai fluks pada saat pencucian dengan nilai fluks sebelumnya membuktikan bahwa HCl dapat menghilangkan *foulant* yang menyebabkan penurunan fluks pada operasi penyaringan air gambut. Pada proses terakhir yaitu pembilasan ketiga dengan aquades pada menit ke-215 sampai menit ke-240 didapatkan fluks rata-rata sebesar  $0,467 \text{ ml/minit.cm}^2$ . Hal ini membuktikan bahwa pencucian menggunakan HCl telah dapat meregenerasikan membran ultrafiltrasi dengan mereduksi *reversible foulant* pada membran. Pencucian membran ultrafiltrasi ini juga dilakukan dengan menggunakan bahan pencuci detergen yang dapat dilihat pada gambar 11 dan 12.



**Gambar 11.** Fenomena Fluks Menggunakan Detergen dengan Tekanan Trans-membran 0,6 bar



**Gambar 12.** Fenomena Fluks Menggunakan Detergen dengan Tekanan Trans-membran 1 bar

Nilai fluks rata-rata pembilasan pertama dengan menggunakan aquades pada menit ke-5 hingga menit ke-30 adalah 0,51 ml/menit.cm<sup>2</sup>. Dilanjutkan dengan proses penyaringan air gambut pada menit ke-35 hingga menit ke-150 didapatkan nilai fluks rata-rata sebesar 0,455 ml/menit.cm<sup>2</sup> kemudian nilai fluks rata-rata saat pembilasan kedua dengan aquades pada menit ke-155 hingga menit ke-180 sebesar 0,391 ml/menit.cm<sup>2</sup>. Hal ini menggambarkan bahwa nilai rata-rata fluks menurun karena disebabkan *fouling* pada membran. Selanjutnya dilakukan pencucian membran menggunakan variasi konsentrasi detergen selama 30 menit dan didapatkan nilai fluks sebesar 0,428 ml/menit.cm<sup>2</sup>. Perlakuan terakhir adalah pembilasan dengan aquades dan didapatkan nilai fluks rata-rata sebesar 0,48 ml/menit.cm<sup>2</sup>.

Pengembalian nilai fluks rata-rata setelah pencucian dengan menggunakan detergen sebesar 0,48 ml/menit.cm<sup>2</sup>, lebih tinggi bila dibandingkan dengan HCl pada variasi konsentrasi dan tekanan trans-membran yang sama. Hal ini

terjadi karena detergen lebih efisien dan efektif dalam menghilangkan *foulant* yang terdapat pada membran ultrafiltrasi daripada HCl.

Tekanan trans-membran juga berpengaruh pada fenomena fluks ini. Nilai fluks dengan tekanan trans-membran 0,6 bar lebih kecil bila dibandingkan dengan tekanan trans-membran 1 bar. Hal ini dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi tekanan trans-membran, maka nilai fluks juga akan semakin meningkat.

## KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

Dari penelitian yang telah dilakukan, didapat beberapa kesimpulan bahwa :

1. Efektifitas pencucian tertinggi yakni 20,77% dengan menggunakan bahan kimia pencuci detergen 2% dan tekanan trans-membran 1 bar.
2. Efisiensi pencucian tertinggi berdasarkan nilai *Flux Recovery* yang didapat 82,89% dan nilai *Resistance Removal* tertinggi didapat 22,73% dengan menggunakan bahan kimia pencuci detergen 2% dan tekanan trans-membran 1 bar dan nilai FR terendah sebesar 49,47% dan nilai RR terendah sebesar 4,749% pada pencucian menggunakan HCl dengan tekanan trans-membran 0,6 bar.
3. Pengembalian nilai fluks rata-rata tertinggi setelah dilakukan pencucian kimia didapat 0,48 ml/menit.cm<sup>2</sup> yakni menggunakan detergen.

## Saran

Pada penelitian ini didapatkan hasil *Flux Recovery* (FR) sebesar 82,89%. Hal ini belum dapat mencapai nilai 100% karena disebabkan oleh beberapa faktor seperti konsentrasi *chemical cleaning agent* yang belum maksimal maupun *driving force* membran seperti tekanan trans-membran yang kurang besar. Oleh sebab itu, lanjutan disarankan untuk mempelajari pengaruh larutan pencuci yang lain sesuai dengan karakteristik membran dan air gambut serta meningkatkan konsentrasi bahan pencuci dan tekanan trans-membran sehingga didapat perbandingan dalam menentukan tingkat efisiensi dan efektifitas pencucian membran dalam proses penyaringan air gambut.

## DAFTAR PUSTAKA

- Kazemimoghadam 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.
- Lim A.L and 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, Scincedirect, Elsevier.
- Miscolia D A, 2000, Depelovment of a Membrane Resistance Based Modeling Framework for Comparison of Ultrafiltration Processes, Departement of Civil and Enviromental Engineering, Disertation,West Vergina.
- Mulder, M., 1996, Basic Principles of Membrane Technology, Kluwer Academic Publishers, Netherland
- Pansu, M., Gautheyrou, J., (2006), Handbook of Soil Analysis : Mineralogical, Organics and Inorganics Methods, Part 2, Springer Berlin Heidelberg
- Scott JB, 2006, Oil Removal for Produced Water Treatment And Micellar Cleaning of Ultrafiltration Membranes, Texas A&M University, Thesis.
- Slamet, J. 1994. Kesehatan Lingkungan. Yogyakarta: Gadjah Mada University
- Stevenson, F.T. (1982) Humus Chemistry. John Wiley and Sons, Newyork
- Wenten, I.G, Wiguna, (2000), "Teknologi Membran Industri" ITB-Bandung