



**PENYISIHAN TOTAL SUSPENDED SOLID DAN MATERIAL ORGANIK  
(POLISAKARIDA) DALAM AIR LAUT DENGAN MENGGUNAKAN TEKNOLOGI  
MEMBRAN ULTRAFILTRASI**

**Sarah Bonita<sup>\*)</sup>, Heru Susanto<sup>\*\*)</sup>, Titik Istirokhatun<sup>\*\*)</sup>**

- 1) Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
- 2) Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro  
Jl. Prof.H.Sudarto, SH Tembalang, Semarang, Indonesia 50275  
[email: sarahbonita53@gmail.com](mailto:sarahbonita53@gmail.com)

**Abstrak**

*Air laut dapat digunakan sebagai salah satu sumber untuk mengatasi peningkatan kebutuhan air bersih. Salah satu pengolahannya adalah dengan desalinasi yaitu teknologi membran reverse osmosis. Tantangan terbesar dalam teknologi membran ini adalah terjadinya fouling. Salah satu cara untuk mengatasinya adalah dengan pre treatment RO menggunakan membran MF dan UF. Penelitian ini difokuskan terhadap filtrasi larutan garam NaCl dengan konsentrasi bervariasi yang mengandung sodium alginat sebagai model material organik (polisakarida) dan kaolin sebagai model TSS dalam fouling membran MF dan UF. Membran yang digunakan adalah membran MF PES dan UF. Penelitian dilakukan dengan mengamati kinerja membran lewat hasil uji fluks dan rejeksi. Hasil yang diperoleh dari uji fluks menunjukkan adanya penurunan profil fluks seiring dengan meningkatnya konsentrasi garam monovalen dalam larutan. Hal ini menunjukkan bahwa seiring bertambahnya konsentrasi garam, potensi fouling dari kaolin dan sodium alginat semakin meningkat. Hasil rejeksi tidak selalu meningkat dengan penambahan konsentrasi garam dan penurunan profil fluks. Terdapat pengaruh lainnya yang mempengaruhi rejeksi seperti ukuran molekul foulant dan pori membran. Pada hasil SEM dan FTIR terlihat fouling kaolin dan sodium alginat di permukaan membran.*

**Kata kunci:** ultrafiltrasi, mikrofiltrasi, fouling, kaolin, sodium alginat, air laut

**Abstract**

*[Elimination of Total Suspended Solid and Organic Material (Polysaccharide) in Sea Water Using Ultrafiltration Membrane Technology]. Sea water can be used as a source to address the increasing need of clean water. Desalination is one of the treatments for sea water source, which is using reverse osmosis membrane technology. The toughest challenge in membrane technology is the occurrence of fouling. One way to overcome this is with reverse osmosis pre-treatment using MF and UF Membranes. This research focused on the effect of NaCl on saline solution filtration with varying concentrations containing sodium alginate as a model of organic material (polysaccharides) and kaolin as a model of TSS in MF and UF fouling. The membranes used were MF membranes PES and UF fluoropolymer. The study was conducted by observing the performance of the membrane through the flux test and rejection. The results of the flux tests showed a decrease in the flux profile along with the increasing concentration of monovalent salts in solution. This showed that with the increasing of salt concentration, the potential fouling of kaolin and sodium alginate were also increasing. Rejection did not necessarily increase with the addition of salt concentration and a decreased in the flux profile. There were other influence that may affected rejection such as foulant molecular size and pore membrane size. SEM and FTIR results showed visible fouling kaolin and sodium alginate on the surface of the membrane.*

**Keywords:** ultrafiltration, microfiltration, fouling, kaolin, sodium alginate, sea water

## 1. Pendahuluan

Penurunan cadangan air bersih dalam lapisan aquifer terjadi akibat meningkatnya eksploitasi terhadap sumber mata air tersebut. Sumber cadangan air bersih paling besar salah satunya adalah air laut. Indonesia khususnya memiliki air laut sebesar 70 persen dari luas wilayahnya. Dengan demikian untuk mengatasi krisis air bersih sekarang dan di masa mendatang, pemanfaatan air laut menjadi air bersih merupakan potensi yang harus dieksplor dan dieksploitasi.

Pemanfaatan air laut untuk mendapatkan air bersih dapat dilakukan melalui proses desalinasi. Desalinasi adalah suatu proses untuk memisahkan air tawar serta kandungan garam dari air laut dengan metode *Vapor distillation*, *Electrodialysis*, atau *Reverse osmosis*. Desalinasi air laut dengan membran *Reverse Osmosis* adalah metode yang banyak dipakai (Greenlee et al., 2009)

Tantangan terberat dalam teknologi membran ini adalah terjadinya fouling. Fouling ini menyebabkan penurunan fluks dan mengurangi efektivitas membran dalam penyaringan. Zat-zat organik dalam air laut seperti polisakarida menurut Resosudarmo et al. (2013) adalah penyebab utama fouling yang terjadi pada membran. *Total suspended solid* juga merupakan salah satu penyebab terbentuknya *cake layer* di permukaan membran dan mungkin dapat berkontribusi dalam pembentukan irreversible fouling (Greenlee et al., 2009). Untuk itu pada reverse osmosis dilakukan pre-treatment untuk mencegah terbentuknya fouling pada permukaan membran.

Pada saat ini, teknologi *pre-treatment* untuk *reverse osmosis* menurut Lenntech (2015) dibagi menjadi 2 jenis, yaitu konvensional yang mencakup desinfeksi, koagulasi/flokulasi dan proses filtrasi, serta non-konvensional seperti mikrofiltrasi dan ultrafiltrasi. *Pre-treatment* ini dilakukan untuk menyisihkan zat-zat dengan ukuran molekul yang lebih besar, seperti zat-zat organik dalam air laut.

Sudah banyak penelitian yang menunjukkan bahwa dengan kekuatan ion yang rendah (0.25-2mM), alginat menunjukkan potensi fouling yang lebih tinggi. Penyebabnya adalah interaksi antara ion garam dengan molekul alginat (Gray et al.,

2011; Jermann et al., 2007; Katsoufidou et al., 2005, 2010, 2007, 2008; van den Brink et al., 2009; Zazouli et al., 2010 dalam Resosudarmo et al., 2002). Hasil penelitian Ven et al. (2008) dan Ven et al. (2009) masing-masing dengan 20 mM dan 10 Mm KCl juga menunjukkan fenomena yang sama.

Penelitian yang dilakukan meliputi pre-treatment reverse osmosis dengan menggunakan membran mikrofiltrasi PES dan ultrafiltrasi fluoropolymer. Membran Membran jenis ini digunakan karena memiliki ketahanan thermal serta kimia yang baik, rentang pH yang dapat digunakan juga cukup luas. Penelitian dengan membran MF/UF belum banyak dilakukan dalam larutan feed yang mengandung variasi konsentrasi garam yang tinggi. Oleh karena itu dalam penelitian ini, untuk merepresentasikan air laut digunakan tiga konsentrasi garam yang berbeda, yaitu 10000 mg/l, 20000 mg/l, dan 30000 mg/l NaCl. Fokus dari penelitian ini adalah mengetahui kinerja penyisihan, nilai fluks serta tingkat rejeksi zat-zat organik dan total suspended solid. Selain itu dilakukan juga karakterisasi fouling di permukaan membran untuk melihat fenomena fouling yang terjadi.

## 2. Bahan dan Metode

### 2.1 Persiapan Larutan Feed

Untuk merepresentasikan kondisi air laut digunakan larutan garam NaCl. Penggunaan garam NaCl dimaksudkan juga untuk membatasi penelitian ini, dimana yang dibahas adalah pengaruh garam monovalen sebagai komponen terbesar penyusun air laut. Terdapat 4 pelarut yang digunakan yaitu larutan fresh water (FE), Larutan Garam 10000 ppm (LG10), Larutan Garam 20000 ppm (LG20), dan Larutan Garam 30000 ppm (LG30). Model polisakarida yang digunakan adalah sodium alginat. Sedangkan untuk model TSS adalah kaolin. Filtrasi dilakukan pada larutan tunggal kaolin dengan konsentrasi 10 mg/l untuk membran UF dan 100 mg/l untuk MF. Kemudian pada larutan tunggal sodium alginat dengan konsentrasi 50 mg/l untuk MF dan UF. Selain pada larutan tunggal, filtrasi dilakukan juga pada larutan campuran kaolin-sodium alginat dengan konsentrasi yang sama. Kaolin, sodium alginat, dan NaCl teknis diperoleh dari Toko Kimia Indrasari.

2 | \*) Penulis

\*\* ) Dosen Pembimbing

## 2.2 Persiapan Membran

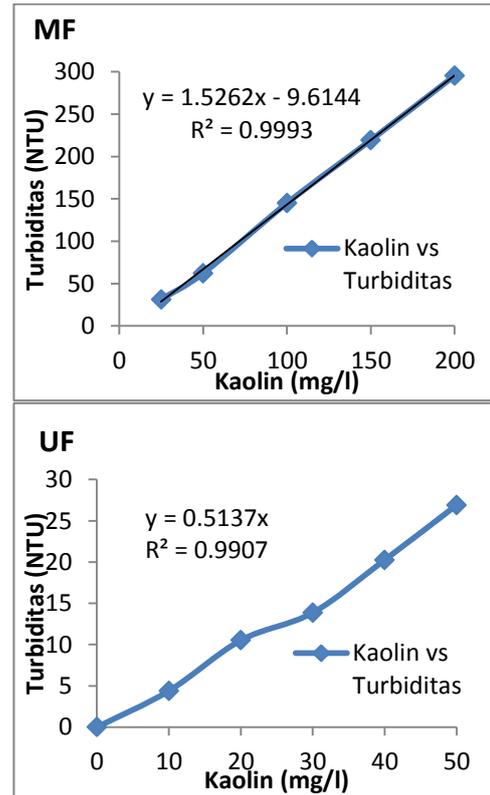
Membran yang digunakan adalah membran MF MicroPES dengan kisaran ukuran 0.04-1.2  $\mu\text{m}$ , merupakan membran hidrofilik yang terbuat dari PES. Untuk membran UF adalah Alfa Laval Flat sheet membrane DSS-FS61PP dengan ukuran 20 kDa dan terbuat dari fluoropolymer yang juga bersifat hidrofilik. Sebelum dilakukan filtrasi membran direndam dalam air suling selama 30 menit untuk membersihkan membran. Kemudian dilakukan kompaksi selama 30 menit untuk mengecek ketahanan membran.

## 2.3 Filtrasi Membran

Filtrasi dilakukan selama 2 jam dengan pengambilan permeat untuk uji fluks dilakukan setiap 4 menit dan untuk rejeksi 20 menit. Tekanan yang digunakan pada filtrasi MF sebesar 0.5 bar dan UF 1.0 bar. Untuk pengujian fluks dilakukan perhitungan nilai fluks sebagai berikut:

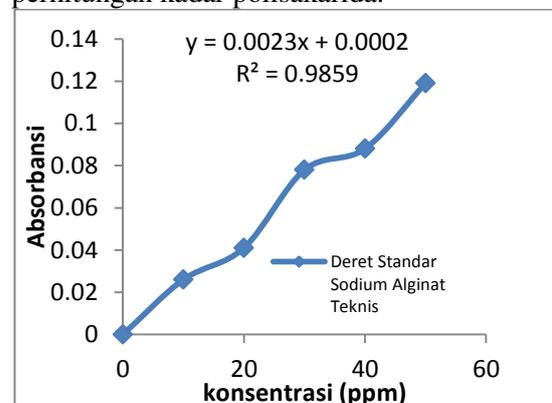
$$J = \frac{V}{A \times t}$$

Dengan  $J$  Fluks ( $\text{l/m}^2 \cdot \text{jam}$ ),  $V$  Volume permeat (ml),  $A$  Luas permukaan membran ( $\text{m}^2$ ) dan  $t$  Waktu (jam). Uji permeat untuk rejeksi kaolin dilakukan dengan metode gravimetri sesuai SNI 06-6989.3-2004 dan pengukuran turbiditas menggunakan turbidimetri. Hasil gravimetri dikorelasikan dengan hasil turbiditas, sehingga diperoleh persamaan untuk menghitung kandungan kaolin lewat pembacaan turbidimetri.



Gambar 2.1 Kurva Hubungan Turbiditas dengan Kaolin

Uji permeat untuk rejeksi sodium alginat dilakukan penentuan kadar polisakarida dengan Metode Fenol-Sulfat (Bhatti et al., 2013). Perbandingan antara larutan sampel dengan fenol dan asam sulfat adalah 1:1:5. Artinya 1 ml larutan sampel untuk 1 ml fenol dan 5 ml asam sulfat. Pereaksi yang digunakan adalah larutan fenol 5% dan larutan  $\text{H}_2\text{SO}_4$  pekat. Pembacaan sampel dilakukan pada panjang gelombang 488 nm dengan spektrofotometri UV-Vis. Berikut ini adalah kurva standar sodium alginat untuk perhitungan kadar polisakarida.



Gambar 2.2 Kurva Standar Sodium Alginat

Dari masing-masing hasil pengujian permeat dilakukan perhitungan koefisien rejeksi sebagai berikut:

$$R = \left(1 - \frac{C_p}{C_f}\right) \times 100\%$$

Dengan  $R$  koefisien rejeksi (%),  $C_p$  konsentrasi zat terlarut dalam permeat dan  $C_f$  konsentrasi zat terlarut dalam umpan.

## 2.4 Karakterisasi fouling di Permukaan Membran

Pengujian karakteristik fouling dilakukan terhadap permukaan membran UF hasil filtrasi larutan sodium alginat serta larutan campuran pada Fresh Water dan Larutan Garam 30000 ppm. FTIR (*Fourier transform infrared spectroscopy*) adalah teknik yang digunakan untuk membuktikan adanya ikatan kimia antara atom (kelompok fungsional) dalam senyawa organik. Ikatan kelompok fungsional dapat bereksitasi dengan adanya sinar infra red sehingga menghasilkan penyerapan resonansi yang selektif (Baudry et al., 2012).

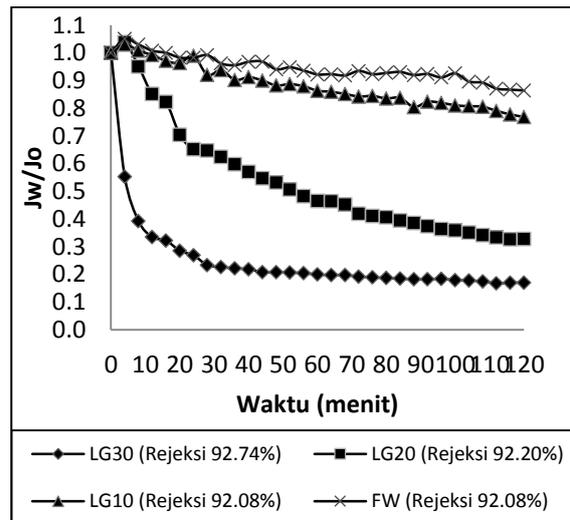
Untuk mengetahui morfologi dan struktur fouling di permukaan membran secara visual dilakukan uji *Scanning Electron Microscope* (SEM). Prinsip kerja SEM dimulai dengan berkas elektron primer dengan energi kinetik 1-25 kV mengenai sampel membran yang telah dilapisi lapisan konduksi yang umumnya emas. Setelah mengenai membran elektron tersebut direfleksikan atau dipancarkan. Elektron yang direfleksikan ini disebut dengan elektron sekunder yang akan muncul dan menentukan *image* yang teramati pada layar *micrograph* pada alat SEM (Mulder, 1996).

## 3. Hasil dan Pembahasan

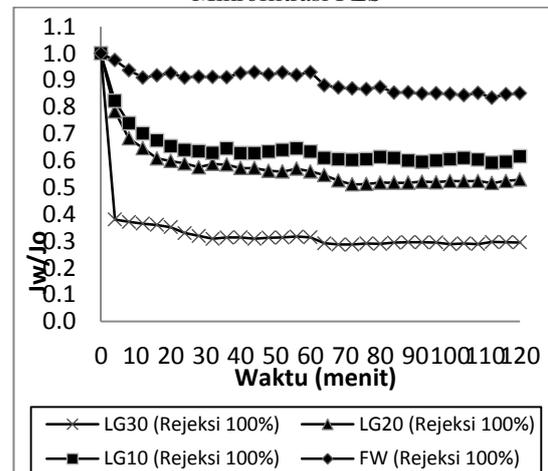
### 3.1 Pengaruh Konsentrasi Garam Terhadap Kinerja Membran

#### 3.1.1 Larutan TSS (Kaolin)

Pengujian fluks dan rejeksi kaolin dilakukan untuk melihat pengaruh kinerja membran terhadap filtrasi larutan kaolin dalam larutan garam. Berikut ini adalah hasil uji fluks larutan kaolin pada filtrasi dengan membran MF dan UF.



Gambar 3.1 Hasil Pengujian Fluks dan Rejeksi dengan Feed 100 ppm Kaolin pada Variasi Konsentrasi Larutan Garam dengan Membran Mikrofiltrasi PES



Gambar 3.2 Hasil Pengujian Fluks dan Rejeksi dengan Feed 10 ppm Kaolin pada Variasi Konsentrasi Larutan Garam dengan Membran Ultrafiltrasi Fluoropolymer

Dapat dilihat pada Gambar 3.1 dan 3.2 terjadi penurunan profil fluks berurutan dari larutan kaolin dalam FW (Air Suling), larutan LG10 (10000 ppm NaCl), LG20 (20000 ppm NaCl), dan LG30 (30000 ppm NaCl) sesuai kenaikan konsentrasi pelarut yang digunakan. Fenomena tersebut terjadi pada seluruh filtrasi yang dilakukan pada penelitian ini. Sedangkan untuk rejeksi kaolin cenderung berada pada kisaran yang sama, tidak meningkat seiring dengan penambahan konsentrasi garam dalam larutan. Pada penelitian ini, semakin tinggi konsentrasi garam NaCl yang digunakan semakin turun profil fluksnya, sehingga dapat disimpulkan bahwa tingginya konsentrasi garam meningkatkan potensi fouling. Hal yang

sama ditunjukkan pada penelitian yang dilakukan Song and Singh (2005).

Pada kondisi standar dengan larutan air biasa, muatan kaolin selalu bernilai negatif (Yukselen dan Kaya, 2002). Adanya *electrical double layer* pada permukaan molekul kaolin menyebabkan muatan kaolin yang semula negatif menjadi cenderung netral dan gaya tolak menolak membran dengan molekul kaolin menurun. Penurunan gaya tolak menolak ini yang mendukung terjadinya agregasi kaolin di permukaan membran sehingga membentuk fouling.

Kaolin memiliki ukuran partikel sekitar 350 nm dengan perbandingan 100 kDa  $\approx$  10 nm (Jermann et al., 2007). Ukuran tersebut jauh lebih besar bila dibandingkan dengan pori membran yang digunakan sehingga dapat dipastikan *sieving mechanism* berlangsung dengan baik karena hampir seluruh kaolin tertahan di permukaan membran. Namun hal ini memungkinkan fouling terbentuk di permukaan membran dalam bentuk agregat.

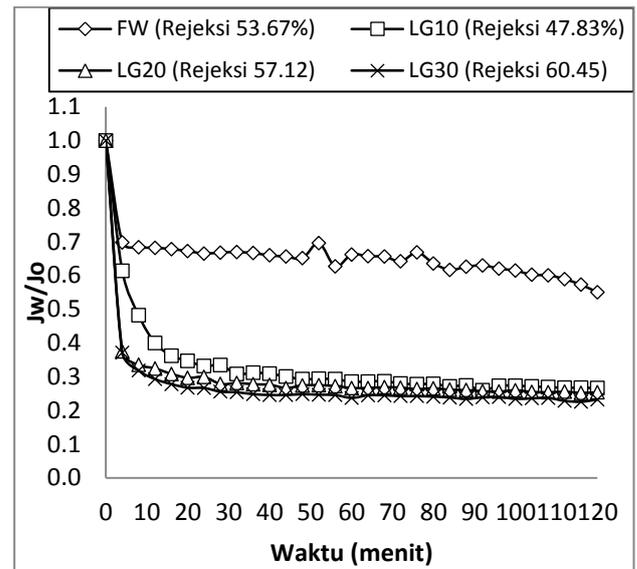


Gambar 3.3 Membran MF PES Setelah Filtrasi Larutan Kaolin

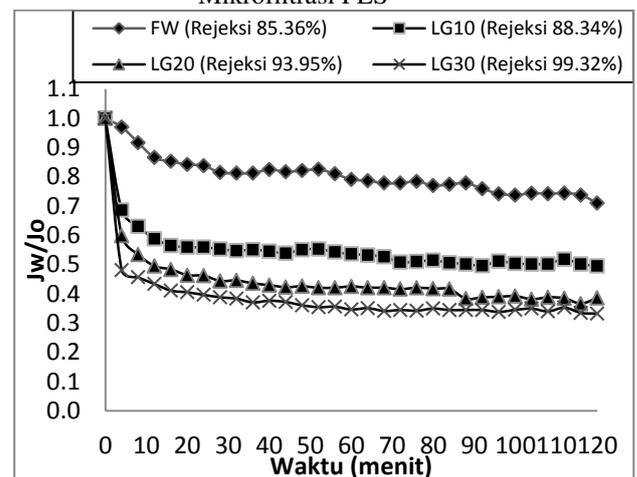
Gambar 3.3 merupakan tampak atas membran MF setelah filtrasi larutan kaolin dilakukan. Secara kasat mata dapat terlihat adanya lapisan putih keabuan yang merupakan tumpukan kaolin di permukaan membran. Penurunan fluks paling rendah terjadi di filtrasi MF dengan larutan LG30. Perbedaan konsentrasi kaolin yang ditambahkan (MF 100 mg/l dan UF 10 mg/l) menyebabkan penurunan fluks yang berbeda pada keduanya.

### 3.1.2 Larutan Polisakarida (Sodium Alginat)

Pengujian fluks dan rejeksi sodium alginat dilakukan untuk melihat pengaruh kinerja membran terhadap filtrasi larutan sodium alginat dalam larutan garam. Berikut ini adalah hasil uji fluks larutan sodium alginat pada filtrasi dengan membran MF dan UF.



Gambar 3.4 Hasil Pengujian Fluks dan Rejeksi dengan Feed 50 ppm Sodium Alginat pada Variasi Konsentrasi Air Laut dengan Membran Mikrofiltrasi PES



Gambar 3.5 Hasil Pengujian Fluks dan Rejeksi dengan Feed 50 ppm Sodium Alginat pada Variasi Konsentrasi Air Laut dengan Membran Ultrafiltrasi Fluoropolymer

Dapat dilihat pada Gambar 3.4 dan 3.5 terjadi penurunan profil fluks yang cukup signifikan pada larutan LG dibandingkan dengan larutan FW. Fenomena yang sama pada filtrasi larutan kaolin ditunjukkan juga pada sodium alginat, yaitu profil fluks turun mengikuti kenaikan konsentrasi garam. Pada MF profil fluks pada larutan LG lebih saling berhimpitan dibandingkan membran UF.

Penelitian yang dilakukan dengan konsentrasi garam yang tinggi juga telah dilakukan oleh Resosudarmo et al. (2012). Hasil menunjukkan bahwa dalam konsentrasi garam yang tinggi fouling yang terjadi lebih signifikan dan reversibilitasnya

menurun. Lapisan fouling yang terbentuk juga menjadi lebih padat dan sulit untuk ditembus air bila dibandingkan dengan fouling pada feed yang tidak mengandung garam

Interaksi yang terus-menerus terjadi antar molekul alginat dan antar membran-molekul alginat seiring dengan adanya pengaruh ion garam monovalen, menyebabkan konsentrasi polarisasi alginat di permukaan membran lama-lama membentuk fouling lapisan gel. Hal tersebut menjelaskan pengaruh kondisi ionik yang tinggi terhadap meningkatnya potensi fouling yang terbentuk selama proses filtrasi.



Gambar 3.6 Membran UF Fluoropolymer Setelah Filtrasi Larutan Sodium Alginat

Pada Gambar 3.6 dapat dilihat secara kasat mata terbentuk lapisan fouling di permukaan membran yang menyerupai gel. Menurut Zhang et al. (1998) dalam Ven et al. (2008) mekanisme pembentukan gel dengan ion monovalen disebabkan oleh terjadinya *chelation* (masuknya ion logam kedalam struktur molekul organik). Hal lain yang mempengaruhi interaksi di permukaan membran selama proses filtrasi berlangsung adalah hidrofilitas. Membran dan alginat sama-sama bersifat hidrofilik. Hal ini memungkinkan adanya tarik menarik diantara keduanya yang membuat potensi fouling juga menjadi lebih tinggi.

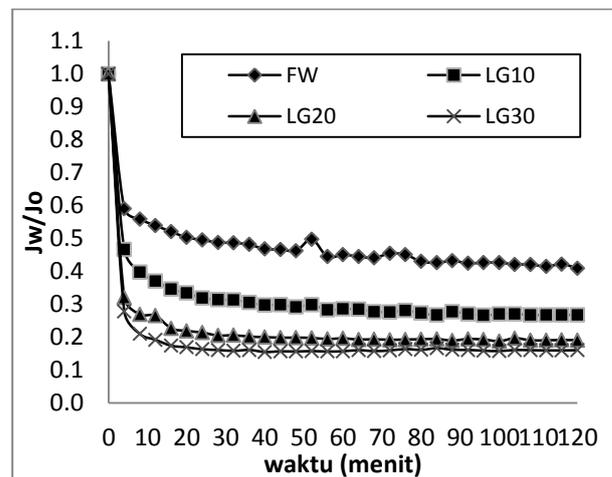
Hasil rejeksi dari Gambar 3.4 dan 3.5 menunjukkan fenomena yang berbeda pada rejeksi sodium alginat di filtrasi MF dengan UF. Rejeksi di MF lebih kecil dibandingkan rejeksi di UF. Perbedaan ini mungkin disebabkan oleh ukuran pori dari kedua membran yang digunakan. Rentang bobot molekul alginat dapat mencapai 0.20  $\mu\text{m}$  (Ye et al., 2006). Hal ini memungkinkan molekul sodium alginat yang lolos di filtrasi MF lebih banyak dibandingkan UF.

### 3.1.3 Larutan Campuran

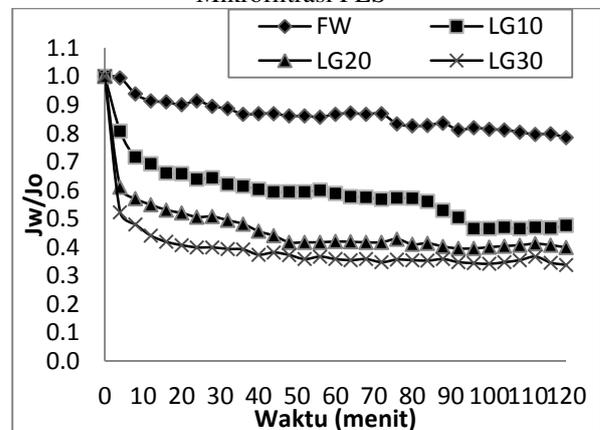
Berikut ini adalah hasil rejeksi dan uji fluks larutan campuran kaolin dan sodium alginat pada filtrasi dengan membran MF dan UF.

Tabel 3.1 Rejeksi TSS dan Polisakarida pada Feed Larutan Campuran dengan Membran MF dan UF

Permeat	MF		UF	
	Rejeksi TSS (%)	Rejeksi Polisakarida (%)	Rejeksi TSS (%)	Rejeksi Polisakarida (%)
Fresh Water	92	70.54	100	88.84
LG 10000	92	73.93	100	89.62
LG 20000	92	73.78	100	93.32
LG 30000	92	87.92	100	99.32



Gambar 3.7 Hasil Pengujian Fluks dengan Feed 100 ppm Kaolin dan 50 ppm Sodium Alginat pada Variasi Konsentrasi Air Laut dengan Membran Mikrofiltrasi PES



Gambar 3.8 Hasil Pengujian Fluks dengan Feed 100 ppm Kaolin dan 50 ppm Sodium Alginat pada Variasi Konsentrasi Air Laut dengan Membran Mikrofiltrasi PES

Variasi Konsentrasi Air Laut dengan Membran Ultrafiltrasi Fluoropolymer

Fenomena yang sama seperti filtrasi larutan kaolin dan sodium alginat ditunjukkan juga pada larutan campuran, yaitu penurunan profil fluks mengikuti kenaikan konsentrasi garam. Berikut ini Tabel 3.2 adalah perbandingan kisaran nilai fluks pada membran MF dan UF pada filtrasi larutan kaolin, sodium alginat, dan campuran.

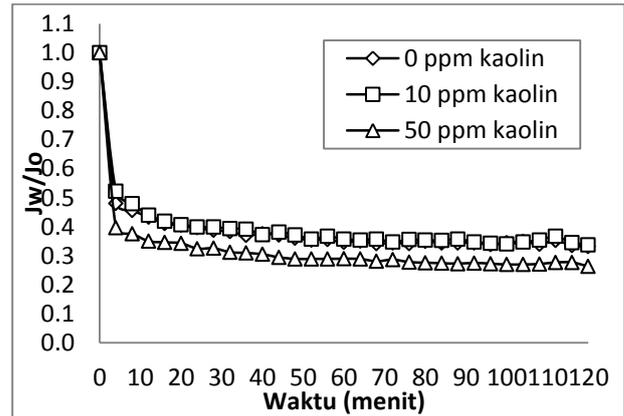
Tabel 3.2 Kisaran Nilai Fluks pada Filtrasi

Feed	Nilai Fluks (L/m <sup>2</sup> .jam)	
	MF	UF
Kaolin	255-3891	80-117
Sodium Alginat	59-215	44-98
Campuran	50-243	40-109

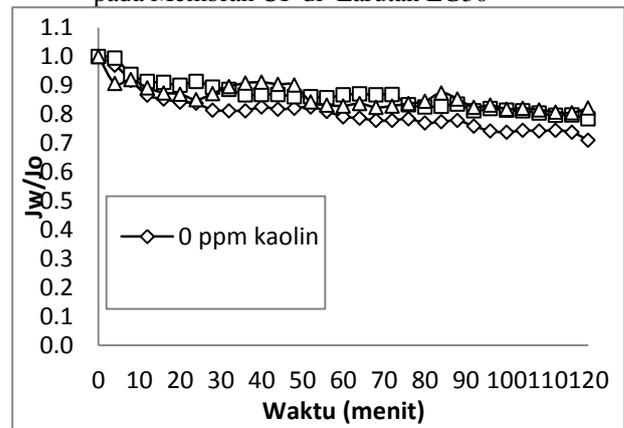
Berdasarkan hasil pada Tabel 3.2 dapat dilihat bahwa filtrasi campuran memiliki nilai fluks yang mendekati filtrasi sodium alginat. Dengan begitu, kemungkinan fenomena yang terjadi pada saat filtrasi lebih menyerupai filtrasi sodium alginat dibandingkan kaolin.

**3.2 Pengaruh Kaolin Terhadap Fluks dan Rejeksi UF**

Penambahan kaolin seperti pada pembahasan sebelumnya dapat menyebabkan terjadinya konsentrasi polarisasi atau terbentuknya agregat. Berdasarkan hasil perbandingan pada Gambar 3.9 filtrasi MF, dapat dilihat bahwa profil fluks pada feed yang ditambahkan kaolin (campuran) mengalami penurunan yang lebih rendah dibandingkan tanpa kaolin (hanya sodium alginat). Namun, pada Gambar 3.10, filtrasi UF menunjukkan hasil yang sebaliknya. Profil fluks keduanya berhimpitan, bahkan larutan dengan kaolin cenderung berada diatas larutan tanpa kaolin. Hal ini menunjukkan bahwa dalam filtrasi UF penambahan kaolin sejumlah 10 mg/l dalam larutan campuran tidak memberikan pengaruh yang signifikan. Untuk membuktikan asumsi tersebut, dilakukan uji fluks pada larutan campuran dengan penambahan kaolin 50 mg/l di larutan LG30 (30,000 ppm NaCl) dan FW (Fresh water/Air Suling). Kemudian hasil profil fluks dibandingkan dengan larutan campuran penambahan kaolin 0 mg/l dan 10 mg/l.



Gambar 3.9 Perbandingan Profil Fluks Campuran pada Membran UF di Larutan LG30



Gambar 3.10 Perbandingan Profil Fluks Campuran pada Membran UF di Larutan FW

Berdasarkan perbandingan profil fluks pada Gambar 3.9 dan 3.10, dapat dilihat bahwa penambahan kaolin sebanyak 50 mg/l memberikan pengaruh yang signifikan di larutan garam konsentrasi 30,000 ppm NaCl. Namun pada larutan FW, pengaruh kaolin baik pada konsentrasi 10 mg/l atau 50 mg/l tidak memberikan pengaruh yang berarti. Profil fluks tidak konsisten menurun ataupun meningkat dan bahkan berhimpitan di beberapa titik. Dengan begitu dapat disimpulkan bahwa penambahan 10 mg/l kaolin tidak memberikan pengaruh yang signifikan pada filtrasi UF. Dalam jumlah yang sedikit dan tanpa pengaruh ion, kaolin di permukaan membran hanya berupa konsentrasi polarisasi. Sehingga semakin mudah ‘tersapu’ oleh aliran *cross flow* dari proses filtrasi.

Berikut ini adalah perbandingan hasil rejeksi sodium alginat pada feed larutan 50 mg/l sodium alginat dengan 0 mg/l, 10 mg/l dan 50 mg/l kaolin di larutan FW (air suling) serta LG30 (30,000 ppm NaCl).

Tabel 3.3 Rejeksi Polisakarida pada Feed Campuran di LG30 dan FW dengan Membran UF

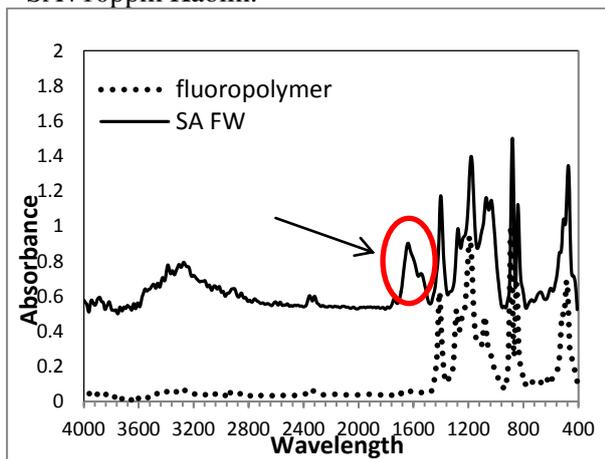
Penambahan Kaolin	Rejeksi Polisakarida (%)	
	LG30	FW
0 mg/l	85.36	70.54
10 mg/l	99.32	88.84
50 mg/l	91.82	91.82

Hasil rejeksi pada larutan campuran FW meningkat (walaupun masih dalam kisaran yang sama) meskipun profil fluks tidak menurun secara berurutan dengan semakin bertambahnya konsentrasi kaolin. Hal ini menunjukkan penambahan kaolin tidak selalu meningkatkan rejeksi. Terdapat faktor lainnya yang mempengaruhi.

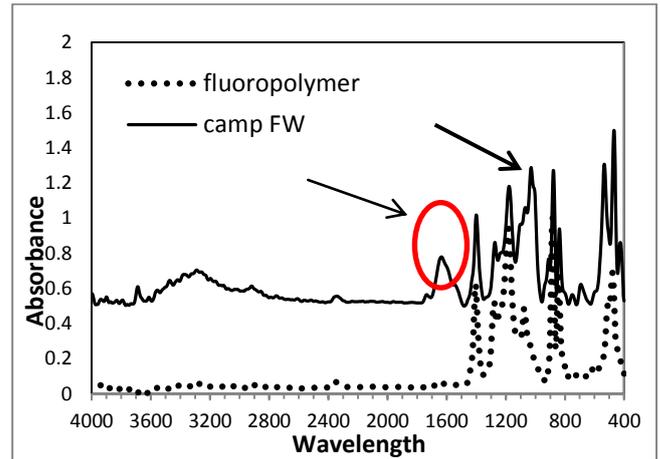
### 3.3 Karakterisasi Fouling Terhadap Permukaan Membran

#### 3.3.1 Hasil Analisa FTIR

Hashino et al. (2011) menyebutkan bahwa absorpsi FTIR pada panjang gelombang  $1618\text{ cm}^{-1}$  dan  $1600\text{ cm}^{-1}$  dihasilkan dari gugus fungsi karbonil yang terdapat dalam sodium alginat. Pada penelitian ini dihasilkan hasil yang bervariasi namun berada pada kisaran yang sama ( $1600\text{ nm}^{-1} - 1700\text{ nm}^{-1}$ ). Berikut ini adalah filtrasi dengan feed dalam larutan FW dengan 50 ppm SA dan 50 ppm SA+10ppm Kaolin.

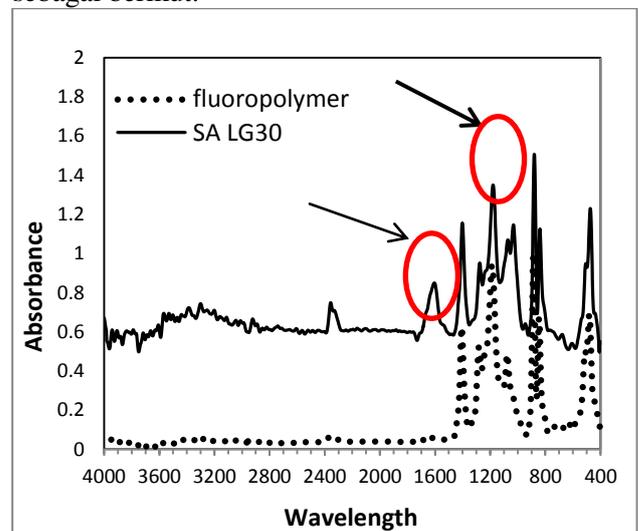


Gambar 3.11 Perbandingan Hasil FTIR Membran Sebelum dan Sesudah Filtrasi Larutan 50 ppm Sodium Alginat dalam FW

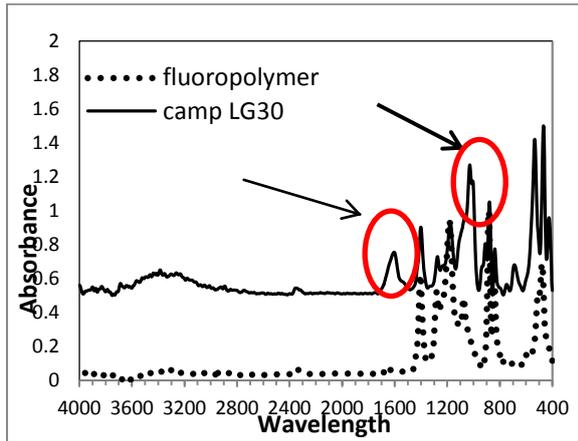


Gambar 3.12 Perbandingan Hasil FTIR Membran Sebelum dan Sesudah Filtrasi Larutan Campuran (50 ppm Sodium Alginat dan 10 ppm Kaolin) dalam FW

Hasil menunjukkan terdapat *peak* diluar serapan oleh gugus fungsi yang berasal dari membran. Yaitu pada *peak* dengan panjang gelombang  $1639.58\text{ cm}^{-1}$  untuk feed tanpa kaolin dan  $1637.51\text{ cm}^{-1}$  untuk feed dengan kaolin. Selanjutnya pada feed yang sama namun dengan pelarut garam NaCl pada konsentrasi 30000 ppm diperoleh hasil FTIR sebagai berikut.



Gambar 3.13 Perbandingan Hasil FTIR Membran Sebelum dan Sesudah Filtrasi Larutan 50 ppm Sodium Alginat dalam LG30



Gambar 3.14 Perbandingan Hasil FTIR Membran Sebelum dan Sesudah Filtrasi Larutan Campuran (50 ppm Sodium Alginat dan 10 ppm Kaolin) dalam LG30

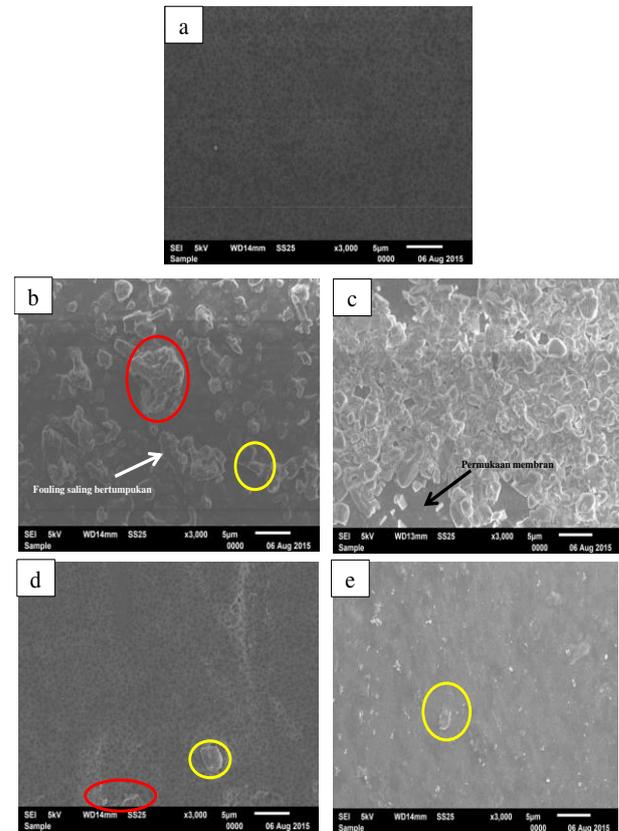
Hasil menunjukkan *peak* pada panjang gelombang yang sama yaitu  $1606.65\text{cm}^{-1}$ . Selain gugus fungsi karbonil, pada keempat hasil FTIR tersebut juga terlihat peningkatan *peak* pada kisaran  $3600\text{-}3000\text{ cm}^{-1}$  yang merupakan serapan panjang gelombang gugus OH<sup>-</sup> (Baudry et al., 2012). Keempat hasil tersebut membuktikan adanya fouling dipermukaan membran yang berasal dari senyawa dengan gugus fungsi C=O dan OH<sup>-</sup> yaitu sodium alginat. Sehingga penurunan fluks pada saat filtrasi adalah benar disebabkan oleh adanya fouling tersebut.

Dari hasil FTIR, terlihat perbedaan yang signifikan pada membran dengan filtrasi larutan campuran ketika dibandingkan dengan membran baru dan membran hasil filtrasi sodium alginat. Pola *peak* yang sama dengan membran baru ditunjukkan oleh membran dengan filtrasi larutan sodium alginat. Sedangkan pada filtrasi larutan campuran sodium alginat dengan kaolin, disamping *peak* yang berasal dari fouling alginat, terdapat *peak* yang berbeda ketika dibandingkan dengan pola *peak* pada membran fluoropolymer.

Pada rentang  $1300\text{-}400\text{ cm}^{-1}$ , mineral clay menunjukkan ikatan Si-O dan O-H. Bentuk dan posisi dari ikatan dalam penyusunan lapisannya sangat mempengaruhi hasil serapan. Untuk kaolinite, yang banyak mengandung trivalen atom pusat seperti Al (III) pada posisi oktahedral, dihasilkan serapan Si-O yang kuat di wilayah  $1120\text{-}1000\text{ cm}^{-1}$ . Kemudian untuk gugus O-H terbaca di kisaran  $950\text{-}800\text{ cm}^{-1}$  (Stuart, 2004)

#### 4.3.2 Hasil Analisa SEM

Berikut ini adalah hasil analisa SEM dengan perbesaran 3000x terhadap membran baru, dan membran setelah filtrasi.



Gambar 3.15 Hasil SEM dari Membran UF Filtrasi; a]Membran Baru; b]Campuran (sodium alginat 50 ppm dan kaolin 10 ppm) dalam LG30; c]50 ppm Sodium Alginat dalam LG30; d]Campuran (sodium alginat 50 ppm dan kaolin 10 ppm) dalam FW; e] 50 ppm Sodium Alginat dalam FW

Dapat dilihat dari Gambar 3.15 bahwa fouling yang disebabkan oleh larutan dengan kandungan garam yang tinggi (LG30) menghasilkan fouling yang cenderung lebih parah dibandingkan filtrasi dalam larutan air biasa (FW). Hal ini sesuai dengan hasil uji fluks yang telah dibahas sebelumnya, yaitu penurunan yang lebih signifikan terjadi pada larutan yang mengandung kadar garam tinggi. Sehingga dapat disimpulkan bahwa interaksi dengan ion garam monovalen adalah benar meningkatkan potensi fouling, baik pada filtrasi larutan sodium alginat dan juga larutan campuran sodium alginat dengan kaolin.

#### 4. Kesimpulan

Penelitian ini dilakukan dengan filtrasi tipe aliran *cross flow* larutan kaolin, sodium alginat, dan campuran menggunakan pelarut NaCl pada konsentrasi 10000, 20000, dan

30000 ppm di membran MF serta UF. Hasil yang diperoleh dari uji fluks adalah adanya penurunan fluks seiring dengan meningkatnya konsentrasi garam monovalen yang digunakan. Hal ini menunjukkan bahwa seiring bertambahnya konsentrasi garam, potensi fouling yang terjadi semakin meningkat. Adanya pengaruh ion menyebabkan penurunan gaya tolak-menolak antara membran dengan molekul alginat dan kaolin. Sehingga fouling yang terbentuk semakin padat dan tebal serta tahanan hidrolis yang ditimbulkan menghalangi air masuk melalui membran.

Namun berbeda dengan profil fluks, hasil rejeksi sodium alginat berada pada kisaran yang sama masing-masing untuk membran MF dan UF. Tidak ada peningkatan rejeksi yang signifikan. Ukuran pori membran telah cukup menahan molekul alginat dan kaolin sehingga pengaruh ion yang meningkatkan potensi fouling tidak memberikan pengaruh yang signifikan. Terdapat hal lainnya yang mempengaruhi seperti aliran cross flow dan interaksi kaolin dipermukaan membran.

Penambahan kaolin pada larutan feed memberikan pengaruh yang signifikan untuk filtrasi larutan UF ketika dalam konsentrasi yang cukup besar dan dengan adanya pengaruh ion dalam larutan. Pada penelitian ini penambahan kaolin pada filtrasi MF adalah sebesar 100 mg/l sehingga memberikan pengaruh yang signifikan baik pada profil fluks maupun rejeksi.

### 5. Acknowledgements

Penelitian ini dilakukan dengan dukungan secara teknis dan finansial oleh Mer-C (*Membrane Research Center*) Universitas Diponegoro.

### DAFTAR PUSTAKA

Alfa Laval. 2015. *Membrane Presentation* diakses pada 8 Juni 2015 di <http://www.alfalaval.com/>

Baudry, M Rabiller, F. Gouttefangeas, J.Le Lannic, P. Rabiller. 2012. *Coupling Of SEM-EDX And FTIR-ATR To (Quantitatively) Investigate Organic Fouling On Porous Organic Composite Membranes*. Current Microscopy Contributions to Advances in Science and Technology (A. Méndez-Vilas, Ed.) FORMATEX

- Bhatti, Manisha, Anjoo Kamboj, dan Ajay Kumar S. 2013. *Spectrophotometric Estimation Of Total Polysaccharides In Kalanchoe Pinnatum And Kalanchoe Crenata*. International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences Vol 5, Issue 2, 2013 ISSN- 0975-1491
- Hashino, Masatoshi, Takeshi K, Noboru K, et al. 2011. *Effect Of Membrane Surface Morphology On Membrane Fouling With Sodium Alginate*. Journal of Membrane Science 366 (2011) 258–265
- Jermann, D, W. Pronk, R. Kagi, et al. 2007. *Influence Of Particles On UF Fouling By NOM-Rethinking The Perception Of NOM Fouling*. Diakses di [www.phd.poli.usp.br](http://www.phd.poli.usp.br)
- Katsoufidou, K., S.G. Yiantsios, dan A.J. Karabelas. 2007. *Experimental Study Of Ultrafiltration Membrane Fouling By Sodium Alginate And Flux Recovery By Backwashing*. Journal of Membrane Science 300 (2007) 137–146
- Lenntech. 2015. *Gambar Reverse Osmosis Pretreatment* diakses pada 9 April 2015 di <http://www.lenntech.com/ro/ro-pretreatment.htm>
- Mulder, M. 1996. *Basic Principle of Membrane Technology*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers
- Resosudarmo, Adhikara, Yun Ye, Pierre L, Vicki C. 2012. *Analysis Of UF Membrane Fouling Mechanisms Caused By Organic Interactions In Seawater*. Water Research 47 (2013) 911-921
- Song, Lianfa dan Singh. 2005. *Influence Of Various Monovalent Cations And Calcium Ion On The Colloidal Fouling Potential*. Journal of Colloid and Interface Science 289 (2005) 479–487
- Stuart, Barbara. 2004. *Infrared Spectroscopy: Fundamentals and Applications*. John Wiley & Sons, Ltd
- Ven, W.J.C va de, K.van't Sant, I.G.M Punt, et al. 2008. *Hollow Fiber Dead-End Ultrafiltration: Influence Of Ionic Environment On Filtration Of Alginates*. Journal of Membrane Science 308 (2008) 218–229
- Ven, Wilbert van de, Ineke P, Antoine K, Matthias W. 2009. *Unraveling Ultrafiltration Of Polysaccharides With*



- Flow Field Flow Fractionation*. Journal of Membrane Science 338 (2009) 67–74
- Ye, Y., V.Chen, A.G Fane. 2006. *Modeling long-term subcritical filtration of model EPS solutions*. Desalination 191 (2006) 318–327
- Yukselen, Yeliz dan Kaya. 2002. *Zeta Potential Of Kaolinite In The Presence Of Alkali, Alkaline Earth And Hydrolyzable Metal Ions*. Water, Air, and Soil Pollution Kluwer Academic Publishers 145: 155–168, 2003.