

Kinetika Fouling Membran Ultrafiltrasi (UF) Pada Pengolahan Air Berwarna: Pengaruh Interval dan Lamanya Pencucian Balik (*Backwashing*) Membran

Mahmud, Rijali Noor¹

Abstract - One of the most common problems encountered in water treatment application of membranes is fouling by natural organic matter. Peat water as surface water has large of natural organic matter in various molecular weights, and the big component is small molecular weight. The laboratory-scale ultra filtration (UF) experiments were conducted to determine the effect interval and duration of backwashing membrane to happened fouling membrane for removing organic matter and colour of peat water.

The ultra filtration membranes used in this research are made of polymeric cellulose acetate 13%, dimethylformamide 36% and acetone 51%. Membranes are prepared by applying method of phase inversion. Time interval for backwashing with aquadest is 1 and 5 hours with pre coagulation and 1 hour for peat water without pre-treatment. The process performs similar of flux recovery 91,07% and 90,57%.

In addition without pre-treatment, the 1 hour interval backwashing shows low level of recovery flux 55,64%.

Keywords – Ultrafiltration, peat water, backwashing, flux recovery

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Penelitian tentang pengolahan air gambut secara konvensional telah dilakukan, diantaranya dengan pemanfaatan lempung gambut (*halotrichite*) sebagai bahan penurun warna dan zat organik air gambut (Machbub dan Irianto, 1994). Notodarmodjo (1994) juga telah melakukan pengolahan air gambut dengan menggunakan tawas dan kapur sebagai bahan koagulan.

Selain pengolahan konvensional diatas, teknologi membran telah banyak digunakan di negara-negara maju untuk pengolahan air minum dan air limbah, hal ini karena penggunaan proses filtrasi membran mempunyai banyak kelebihan dibanding pengolahan konvensional.

Sekarang ini, proses membran dengan tenaga penggerak tekanan telah tampil sebagai alternatif pengolahan air minum untuk penyisihan bahan

organik alami (natural organic matter) yang terdapat dalam air (Lee et al., 2004; Lee et al., 2001; Yuan and Zidney, 1999). Meskipun membran sangat potensial dalam pengolahan air, akan tetapi dalam penerapannya masih menghadapi beberapa masalah besar meliputi fouling yang terjadi, seringnya pencucian membran, dan biaya kapital/modal yang tinggi (Lee et al., 2000; Teodosiu et al., 1999)

Fouling membran yang disebabkan oleh bahan humus/humic substance merupakan salah satu faktor utama yang membatasi proses membran seperti ultrafiltrasi dan mikrofiltrasi. Fouling terjadi melalui satu atau lebih dari mekanisme berikut : (1) akumulasi solut/kontaminan dan perubahan irreversibel menjadi lapisan polar (seperti pembentukan cake), (2) adsorpsi permukaan: deposisi/endapan solut, dan (3) adsorpsi : deposisi solut ke dalam membran (Mozia et al., 2004)

¹ Staff pengajar Fakultas Teknik Unlam Banjarmasin

Fouling pada membran mengakibatkan penurunan produktivitas selama operasi, yaitu penurunan fluks terhadap waktu, apabila semua parameter lainnya seperti tekanan, laju aliran, temperatur dan konsentrasi umpan dijaga konstan (Mallevalle *et al.*, 1996). Dari sudut pandang operasional, fouling membran dapat bersifat reversibel dan irreversibel. Perbedaannya adalah karakter dari deposit/endapan yang terbentuk pada permukaan membran (sementara atau permanen) dan kemungkinan pengembalian fluks awal dengan backwashing dan pencucian dengan bahan kimia. Fouling sangat mempengaruhi kinerja UF dan umumnya pada seluruh proses membran, dengan biaya operasional yang meningkat, berupa peningkatan tekanan yang diperlukan untuk mempertahankan fluks, pencucian membran, dan penggantian membran apabila terjadi fouling irreversibel (Teodosiu *et al.*, 1999).

Banyak pendekatan yang telah dipelajari untuk mengurangi terjadinya fouling pada membran, diantaranya adalah dengan melakukan pretreatmen/perlakuan pendahuluan terhadap air umpan, pencucian hidrodinamik cross-flow dengan kecepatan yang besar, pencucian balik (*backwashing*), optimasi bahan kimia/kondisi operasional seperti pH dan rasio recovery, dan modifikasi permukaan membran (Lee *et al.*, 2001; Yuan and Zidney, 1999).

Efektifitas backwashing tergantung pada kapan dan berapa lamanya backwashing tersebut dilakukan, sehingga fluks recovery yang dihasilkan masih besar. Terlalu sering backwashing dilakukan harus dihindari, akan tetapi apabila terlalu lama interval waktu backwashing juga dapat mengakibatkan terjadinya irreversibel fouling yang lebih besar sehingga dapat mengurangi umur pemakaian membran. Jadi untuk pengolahan air dengan karakteristik yang berbeda tentunya interval dan lamanya backwashing yang efektif juga berbeda. Oleh karena itu maka perlu dilakukan penelitian tentang kinetika fouling membran UF yang terjadi dalam pengolahan air gambut, sehingga dapat diperoleh interval dan lamanya backwashing (pencucian balik) yang tepat.

Perumusan Masalah

Air gambut memiliki warna dan zat organik yang tinggi, yang mengandung bahan humus yang tinggi. Beberapa hasil penelitian menyimpulkan bahwa bahan humus merupakan penyebab utama terjadinya fouling pada membran (Mozia *et al.*, 2005; Lee *et al.*, 2004; Yuan and Zidney, 1999).

Beberapa metode untuk mengurangi fouling telah dilakukan, diantaranya dengan melakukan pretreatmen air umpan, pencucian hidrodinamik dengan kecepatan yang besar, backwashing (pencucian balik), dan modifikasi permukaan membran (Lee *et al.*, 2001). Untuk melakukan backwashing, maka perlu diselidiki kapan saja backwashing dilaksanakan dan berapa lama backwashing membran yang digunakan tersebut harus dilakukan. Hal tersebut tergantung pada kualitas air yang akan diolah, bahan membran yang digunakan dan kondisi operasional

Ruang Lingkup Penelitian

Penelitian ini dilakukan dalam skala laboratorium, membran yang digunakan adalah membran ultrafiltrasi selulosa asetat yang dibuat dengan metode inversi fasa. Parameter membran yang diamati meliputi nilai fluks dan rejeksinya terhadap variasi tekanan operasi. Parameter air gambut yang diukur meliputi warna dan zat organik, untuk pretreatmen air gambut digunakan koagulan Poly Aluminium Chloride (PACl). Backwashing membran dilakukan menggunakan air aquadest.

Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk menyelidiki pengaruh interval dan lamanya backwashing (pencucian balik) pada membran ultrafiltrasi terhadap kinetika fouling yang terjadi pada pengolahan air gambut.

Kajian Teoritis

Perkembangan teknologi membran ini seiring dengan perkembangan industri yang pesat, dengan berbagai keunggulan teknologi membran yang secara teknik dan ekonomi menguntungkan, sehingga peranannya menjadi sangat besar. Aplikasi teknologi membran diantaranya untuk desalinasi air laut dan payau, penyediaan air tanpa mineral, pengolahan air buangan, pemekatan sari buah, pencucian darah dan di bidang bioteknologi untuk pemisahan bakteri (Madaeni, 1999).

Secara umum definisi membran adalah penghalang selektif yang terdapat diantara dua fasa, yaitu fasa yang akan dipisahkan (*feed*) dan fasa hasil pemisahan (*permeate*). Membran ini bersifat semipermeabel, artinya permeabel terhadap suatu spesi tertentu dan impermeabel terhadap spesi lainnya.

Beberapa parameter utama yang penting dalam proses pemisahan menggunakan membran yaitu :

1. Permeabilitas

Permeabilitas suatu membran merupakan ukuran kecepatan dari suatu spesi menembus membran. Permeabilitas ini dipengaruhi oleh jumlah pori, ukuran pori, tekanan yang dioperasikan dan ketebalan membran.

Secara kuantitas, permeabilitas membran sering dinyatakan sebagai fluks atau koefisien permeabilitas. Definisi dari fluks adalah jumlah volume permeat yang melewati satu satuan luas membran dalam waktu tertentu dengan adanya gaya dorong dalam hal ini berupa tekanan. Secara sistematis fluks dirumuskan sebagai (Mallevalle *et al.*, 1996):

$$J = \frac{V}{A.t} \dots\dots\dots(1)$$

- dimana : J = Fluks (L/m².jam)
- V = Volume permeat (liter)
- A = Luas permukaan membran (m²)
- t = Waktu (jam)

atau :

$$J_v = L_p \cdot \Delta P \dots\dots\dots(2)$$

- dimana : J_p = Fluks (L/m².jam)
- L_p = Permeabilitas hidraulik (L/m².jam.bar)
- ΔP = Perbedaan tekanan (bar)

Jacangelo *et al.*, 1994 merumuskan fluks spesifik sebagai rasio fluks permeat (biasanya pada 20°C) terhadap tekanan (P):

$$J_{sp} = \frac{J_{20}}{P_{tm}} \dots\dots\dots(3)$$

- dimana : J_{sp} = fluks spesifik (L/m².Jam.kPa)
- J₂₀ = fluks permeat untuk suhu 20°C (L/m².Jam)
- P_{tm} = tekanan (kPa)

$$J_{20}^{\circ C} = \frac{Q_p \cdot e^{-0,0239(T-20)}}{A} \dots\dots\dots(4)$$

- dimana : Q_p = aliran permeat (L/jam)
- T = suhu fluida (°C)
- A = luas permukaan membran (m²)

2. Permelektivitas

Permelektivitas suatu membran merupakan ukuran kemampuan suatu membran untuk menahan suatu spesi atau melewatkan suatu spesi tertentu. Permelektivitas membran tergantung pada interaksi antarmuka dengan spesi yang akan melewatinya, ukuran spesi dan ukuran pori

permukaan membran. Parameter yang digunakan untuk menggambarkan permelektivitas membran adalah koefisien rejeksi (R). Koefisien rejeksi adalah fraksi konsentrasi zat terlarut yang tidak menembus membran, dan dirumuskan sebagai :

$$R = 1 - \frac{C_p}{C_f} \times 100\% \dots\dots\dots(5)$$

- dimana : R = Koefisien rejeksi (%)
- C_p = Konsentrasi zat terlarut dalam permeat
- C_f = Konsentrasi zat terlarut dalam umpan

Dengan harga R berkisar antara 0 sampai 100%. Jika harga 100% berarti zat kontaminan ditahan oleh membran secara sempurna.

3. Konsentrasi Polarisasi

Pada proses pemisahan dengan membran ada dua arah aliran yaitu arah umpan dan arah aliran ke permeat. Pada saat permeat melewati membran, umumnya zat terlarut tidak semuanya lewat ke sisi permeat tetapi sebagian besar akan tertahan pada permukaan membran. Zat terlarut akan terakumulasi pada permukaan membran dan dari permukaan membran ini akan kembali ke aliran umpan dengan cara difusi balik. Konsentrasi zat terlarut pada permukaan membran jauh lebih besar dari konsentrasi zat terlarut pada permeat ataupun pada aliran umpan. Fenomena ini dikenal dengan fenomena polarisasi konsentrasi.

Konsentrasi zat terlarut pada permukaan membran tergantung pada fluks rejeksi membran, koefisien dan difusi zat terlarut. Beberapa cara untuk mengurangi polarisasi konsentrasi adalah dengan memodifikasi permukaan menjadi lebih hidrofilik, meningkatkan kecepatan aliran umpan (untuk *cross-flow*), membentuk aliran berputar, desain modul dan lain-lain.

4. Fouling

Fouling adalah penyebab utama penurunan fluks membran selama proses pemisahan terutama pada proses ultrafiltrasi. Fouling adalah deposisi partikel pada permukaan dan atau pada pori membran. Fouling ada yang bersifat reversibel dan ada yang bersifat irreversibel. Partikulat yang terdeposisi pada membran seperti koloid, makromolekul, garam dan mikroorganisme. Deposisi partikulat pada membran akan menyebabkan penurunan fluks membran secara terus menerus dan penurunan fluks ini merupakan fungsi dari waktu. Deposisi partikel pada permukaan membran akan membentuk lapisan gel. Lapisan gel ini akan memperbesar resistensi

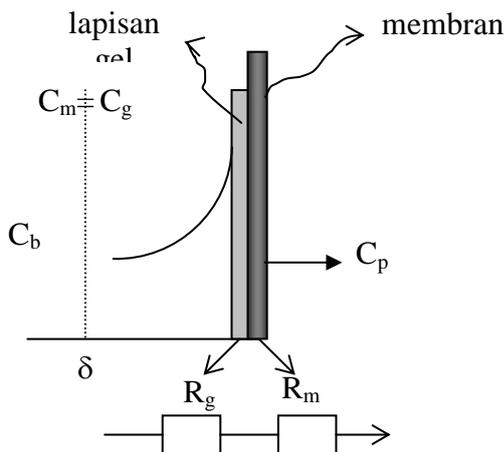
total membran yaitu resistensi yang disebabkan oleh membran (R_m) dan oleh lapisan gel (R_g) (Mallevalle et al., 1996).

$$J_v = \frac{P}{(R_m + R_g)\eta} \dots\dots\dots(6)$$

- dimana : J_v = Fluks permeate ($m^3/m^2 \cdot det$)
- P = Tekanan antar membran (N/m^2)
- R_m = Resistensi/ketahanan membran ($1/m$)
- R_g = Resistensi/ketahanan *cake/gel* ($1/m$)
- η = viskositas dinamik ($N \cdot det/m^2$)

Dalam model filtrasi pada gambar 1 ini, solut dianggap membentuk *cake* atau endapan partikel pada dinding membran dengan konsentrasi yang konstan. Model filtrasi *cake* ini juga sering digunakan untuk menentukan *fouling index*. Resistansi total lapisan *cake* (R_c) adalah sama dengan resistansi spesifik *cake* (r_c) dikalikan tebal lapisan *cake* (L_c). Resistansi spesifik *cake* diasumsikan konstan disepanjang lapisan *cake*.

$$R_c = L_c \cdot r_c \dots\dots\dots(7)$$



Gambar 1. Pembentukan lapisan gel pada permukaan membran (Mallevalle et al., 1996).

Fouling dan Scaling Membran

Fouling dan *scaling* merupakan masalah serius yang sering ditemui dalam proses ultrafiltrasi, yaitu kecenderungan penurunan fluks sepanjang waktu operasi akibat pengendapan atau pelekatan material di permukaan membran, hal ini dikenal sebagai *fouling* dan *scaling*. *Fouling* biasanya disebabkan oleh adanya pengendapan oksida logam, material koloid, pertumbuhan biologi oleh bakteri atau mikroorganisme. Sedangkan *scaling* biasanya terjadi akibat pelekatan material seperti $CaSO_4$, $CaCO_3$, $BaSO_4$, SiO_2 ,

$SrSO_4$, $Mg(OH)_2$. Hal yang sangat mendasar dalam upaya pencucian dan pemeliharaan membran adalah menghindari kontak antara membran dengan bahan umpan sampai kering, sehingga menyebabkan mengendapnya bahan-bahan padat pada permukaan maupun pada pori-pori membran. Selain itu perlu diketahui juga komponen dari aliran umpan yang memungkinkan terjadinya *fouling*, hal ini berhubungan dengan strategi yang efektif untuk dapat menentukan jenis bahan pencuci yang sesuai. Umur pemakaian (*life time*) dari suatu membran sangat dipengaruhi oleh jenis pencucian, jenis bahan pencuci dan prosedur yang digunakan. Pertimbangan dalam pemilihan bahan pencuci tidak saja didasarkan pada material membran, tapi juga pada perlengkapan membran lain yang digunakan.

Proses terjadinya *fouling* pada membran meliputi tahapan sebagai berikut:

- Polarisasi konsentrasi, adalah peningkatan konsentrasi lokal dari suatu solut pada permukaan membran. Pada polarisasi konsentrasi ini, fluks mengalami penurunan karena adanya peningkatan pada tahanan hidrodinamik pada lapisan batas dan kenaikan tekanan osmotik lokal. Polarisasi konsentrasi merupakan peristiwa yang dapat balik (*reversible*), karena efeknya dapat dihilangkan atau dikurangi dengan menurunkan tekanan operasi dan konsentrasi umpan.
- Perpindahan solut dari permukaan membran ke dalam material membran, dalam hal ini pori-pori membran, hingga antara solut yang satu dengan yang lain benar-benar ter atau melewati langkah desorpsi atau yang reversibel dalam pori-pori membran.
- solut pada pori membran sehingga terjadi pemblokiran ataupun penyempitan ukuran pori membran.

Kedua tahap terakhir inilah yang disebut *fouling* karena mengakibatkan penurunan fluks yang tidak dapat dibalikkan (*irreversible*). Penurunan fluks yang terjadi akibat *fouling* yang sifatnya *reversible* dapat diatasi dengan teknik pencucian membran (*membrane washing*) atau dengan cara *backflush*, akan tetapi kalau penurunan fluks terjadi akibat *fouling* yang bersifat *irreversible* maka harus dilakukan pencucian secara kimia (*chemical cleaning*).

Tipe-tipe penyumbatan dan penyempitan pori membran pada peristiwa fouling dapat dibedakan menjadi empat macam, yaitu:

- **Complete Pore Blocking**
Jenis fouling ini terjadi jika ukuran partikel solut tepat menyumbat lingkaran pori membran, sehingga pori membran tertutup total.
- **Intermediate Pore Blocking**
Jika ukuran partikel-partikel solut lebih kecil dari ukuran pori membran, maka akibat terakumulasinya partikel-partikel solut di permukaan membran, pori membran menjadi terlapis oleh hamparan partikel tersebut.
- **Internal Pore Blocking**
Bentuk yang lain dari fouling, jika ukuran partikel solut lebih kecil dari ukuran diameter membran, maka akan terjadi penyempitan ukuran pori membran akibat ter dan terdeposisi partikel-partikel di sekeliling bagian dalam pori membran. Penyempitan pori-pori efektif membran ini menyebabkan tahanan membran meningkat.
- **Cake filtration**
Fouling jenis ini terjadi jika ukuran partikel solut sangat kecil dan memiliki sifat-sifat gel jika berada dalam keadaan terakumulasi. Cake filtration ini dapat meningkatkan tahanan hidrolis secara kontinyu.

METODE PENELITIAN

Tahapan Penelitian

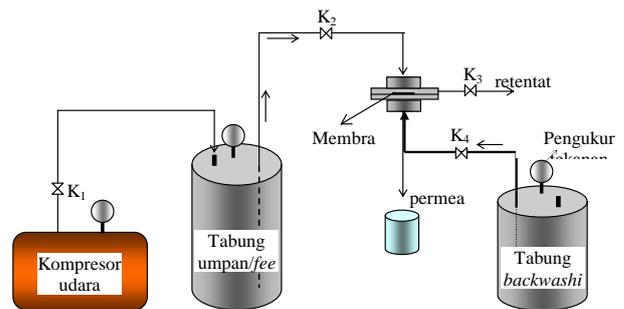
Air gambut yang akan diolah diambil dari Landasan Ulin Kalimantan Selatan dengan tiga konsentrasi yang berbeda. Bahan pembuat membran terdiri dari polimer selulosa asetat (p.a), aditif *dimethylformamide* (p.a) dan pelarut aseton (g.r). Bahan untuk analisa warna dan organik adalah KMnO_4 , asam oksalat, Asam Sulfat (H_2SO_4), Kalium Kloro Platina (K_2PtCl_6), Kobalt ($\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$), HCl, asam nitrat, gas asetilena dan kertas *whatman*. Dan sebagai bahan pretreatment digunakan koagulan *poly aluminium chloride* (PACl) serta CaO untuk netralisasi.

Peralatan

Pada percobaan ini digunakan peralatan membran dalam skala laboratorium seperti pada gambar 2, terdiri dari 3 komponen utama yaitu 1 buah sel membran, 2 buah tabung (tabung umpan dan tabung

backwashing) dari *stainless steel* dan kompresor udara dengan kapasitas tekanan maksimum 7 bar.

Pada proses pencetakan membran, digunakan pelat kaca yang kedua sisinya dilapisi plakban, meja horisontal dan batang silinder kaca. Untuk analisa warna digunakan alat *Spectrophotometry*, untuk mengukur DHL digunakan alat *Conductivity Meter Lutron CD-4302* dan untuk mengukur pH digunakan pH meter *Expandable ionAnalyzer EA 940*.



Gambar 2. Susunan peralatan percobaan dalam skala laboratorium.

Pembuatan Membran Ultrafiltrasi

Pembuatan membran dilakukan dengan metode inversi fasa rendam endap, dengan komposisi membran yang digunakan adalah 13% selulosa asetat, 36% *dimethylformamide* dan 51% aseton dengan air es ($\pm 4^\circ\text{C}$) sebagai koagulan (Mahmud, 2003). *Dimethyl formamide* dan aseton dicampur kemudian diaduk dengan pengaduk magnetik (*stirrer magnetic*) sambil dimasukkan selulosa asetat sedikit demi sedikit sehingga terbentuk larutan cetak dengan lama pengadukan 12 jam. Setelah itu larutan cetak didiamkan sampai gelembung udara pada larutan cetak hilang (± 1 jam). Larutan cetak yang telah homogen dan tidak lagi mengandung gelembung udara dituangkan diatas kaca, dibiarkan selama 30 detik kemudian dicelupkan dalam bak air es ($\pm 4^\circ\text{C}$) selama 1 jam. Untuk menghilangkan sisa pelarut dan aditif pada membran, maka membran tersebut dicuci dengan air mengalir. Kemudian membran yang terbentuk disimpan dalam *aquadest*, hal ini untuk menghindari kerusakan pada membran akibat serangan organisme. Untuk menentukan permeabilitas membran digunakan air *aquadest* sebagai umpan dengan tekanan operasi 1, 2, 3 dan 4 bar.

Cara Kerja Eksperimen

Adapun cara kerja dari percobaan filtrasi membran UF ini adalah sebagai berikut: air umpan (air

gambut) dimasukkan ke dalam tabung umpan (dari *stainless steel*) seperti pada gambar 2. Kemudian katub (*valve*) 1 dan 2 ditutup dan tekanan diberikan pada tabung tersebut sesuai kondisi percobaan yang diinginkan. Untuk menjalankan proses operasi ini adalah dengan membuka katub 2, sehingga air umpan akan mengalir melalui pipa menuju membran dan akan keluar sebagai permeal. Permeal yang keluar ini kemudian ditampung dalam gelas ukur, dan diukur volumenya untuk setiap selang waktu 5 menit.

Untuk proses *backwashing*, caranya dengan mengisi tabung *backwashing* dengan *aquadest* dan diberikan tekanan 2 kali tekanan operasi, kemudian katub 3 dan 4 dibuka sedang katub 2 ditutup, maka air *aquadest* akan mengalir menuju membran untuk melakukan *backwashing* (pencucian balik) dengan arah yang berlawanan arah aliran permeal.

Untuk melakukan pengujian fouling pada membran, maka perlu ditentukan lebih dahulu kapan pengujian fouling ini dilakukan. Pada penelitian ini pengujian tes fouling dibagi menjadi dua yaitu:

- Pengujian fouling yang dilakukan setelah waktu operasi berlangsung selama 1 jam.
- Pengujian fouling yang dilakukan setelah waktu operasi berlangsung selama 5 jam.

Pada saat waktu operasi sudah mencapai 1 atau 5 jam, maka pada membran tersebut dilakukan *backwashing*. Lamanya waktu *backwashing* untuk kedua jenis pengujian diatas ditetapkan sama yaitu 5 menit, dengan tekanan *backwashing* juga sama besarnya yaitu 2 kali dari tekanan operasi. Pada penelitian ini *fouling* membran diuji menggunakan air gambut sebagai umpan, tanpa dan dengan pretreatmen koagulan PACl. Untuk tanpa pretreatmen kondisi pengolahan optimal untuk air gambut dengan kandungan organik 316,24 mg/L KMnO_4 adalah pada tekanan operasi 3 bar, sedang dengan pretreatmen, diperoleh pada dosis PACl 70 mg/L + kapur 25 mg/L pada tekanan operasi 3 bar (Mahmud, 2003).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisa Kualitas Air Gambut

Hasil analisa kualitas air gambut Landasan Ulin adalah seperti tercantum pada Tabel 1 yang sekaligus juga dibandingkan dengan kadar maksimum air minum dari PP No.20 tahun 1990 Golongan A.

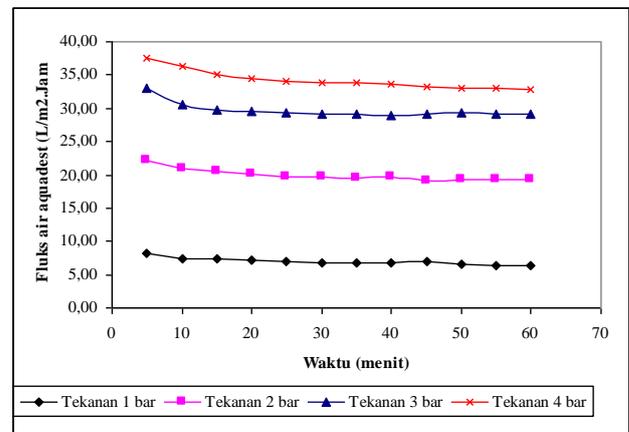
Tabel 1. Kualitas Air Gambut Landasan Ulin Km.17 Kalimantan Selatan.

No	Parameter	Satuan	Air Gambut	Kadar max Gol. A
1	PH	-	4,12	6,5 - 8,5
2	Warna	Unit PtCo	361,98	15
3	Zat organik	mg/L. KMnO_4	316,24	10
4	DHL	$\mu\text{S/cm}$	68	250

Penentuan panjang gelombang optimum pada air gambut diperlukan untuk menganalisa kadar warna (sebagai unit PtCo). Hasil penelitian menunjukkan bahwa panjang gelombang optimum untuk analisa warna air gambut adalah pada panjang gelombang ± 370 nm.

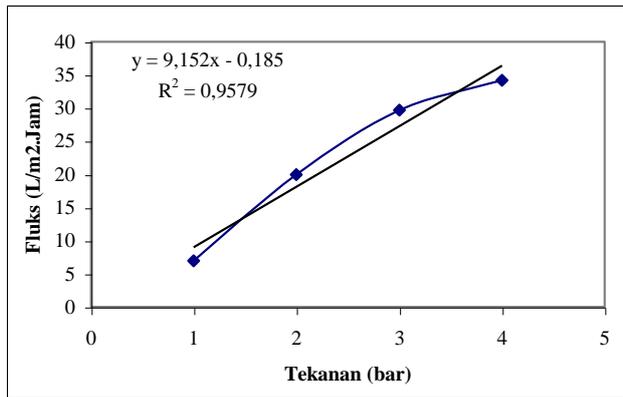
Permeabilitas Membran

Pada Gambar 3 dapat dilihat harga fluks air terhadap waktu, dimana pada waktu ± 30 menit awal harga fluks mengalami perubahan, tetapi setelah itu nilai fluks menunjukkan nilai yang hampir konstan. Penurunan fluks air ini disebabkan oleh tersumbatnya pori membran oleh mikro partikulat dan makin padatnya struktur membran tersebut.



Gambar 3. Grafik hubungan antara waktu operasi terhadap nilai fluks air *aquadest* untuk tekanan operasi 1, 2, 3 dan 4 bar.

Dari Gambar 4 yang menunjukkan hubungan antara tekanan (bar) dan fluks air *aquadest* (L/m^2 .Jam) dapat ditentukan nilai permeabilitas hidraulik membran, dimana nilai permeabilitas hidraulik membran tersebut merupakan koefisien arah antara tekanan dan fluks. Jadi permeabilitas hidraulik membran yang digunakan dengan komposisi selulosa asetat 13%, aseton 36% dan dimetilformamida 51% adalah $9,152 \text{ L/m}^2$.Jam.bar.

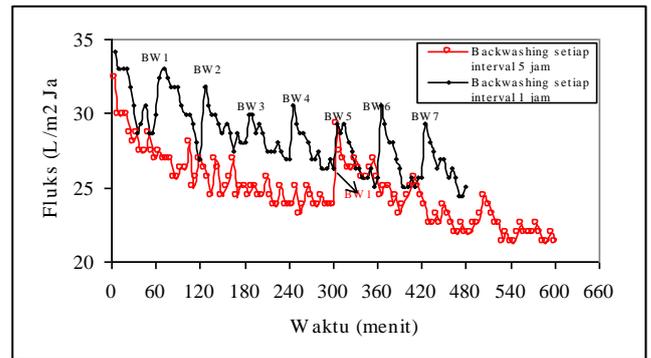


Gambar 4. Grafik hubungan antara tekanan terhadap fluks air *aquadest*.

Fouling Membran UF

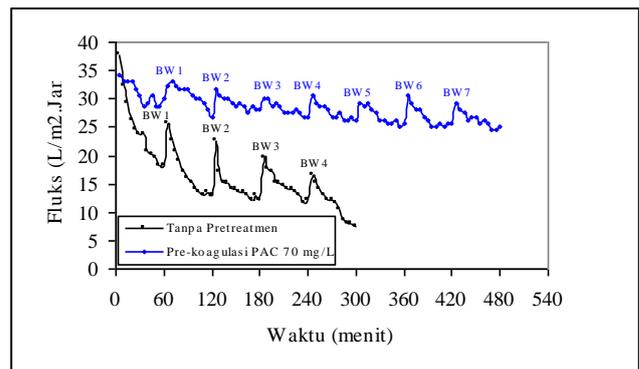
Hasil penelitian menunjukkan besarnya fluks *recovery* untuk air gambut dengan koagulan 70 mg/L+kapur 25 mg/L dengan tekanan 3 bar setelah pencucian selang waktu 1 jam dan 5 jam hampir sama yaitu (91,07%) dan (90,57%). Hal ini menunjukkan bahwa hanya sedikit zat organik yang terperangkap pada pori membran yang tidak bisa disisihkan dengan *backwashing* (Gambar 5). Dengan dilakukan pretreatment koagulan maka, bahan organik alami dengan berat molekul rendah akan membentuk flok-flok dengan diameter yang lebih besar, sehingga dapat ditahan oleh membran dan tidak masuk ke dalam pori-pori membran. Ini menunjukkan juga bahwa membran tersebut lebih efisien apabila pencucian dilakukan setiap interval waktu 5 jam, karena perbedaan fluks *recovery* setelah *backwashing* hampir sama dengan apabila *backwashing* tersebut dilakukan setiap selang waktu 1 jam.

Irreversibel fouling yang terjadi dengan adanya perbedaan interval waktu *backwashing* 1 jam dan 5 jam relatif kecil, karena seperti yang dijelaskan sebelumnya bahwa flok-flok yang terbentuk hanya sedikit yang masuk ke pori membran dan sebagian besar hanya membuat *cake* pada permukaannya saja, sehingga mudah untuk disisihkan dengan *backwashing*. Jadi pre-koagulasi PACl juga mampu mengurangi *irreversibel fouling* yang terjadi.



Gambar 5. Grafik hasil *backwashing* untuk interval waktu 1 jam dan 5 jam untuk air gambut dengan pre-koagulasi PACl 70 mg/L tekanan 3 bar.

Dibandingkan dengan air gambut tanpa pretreatment, hasil *backwashing* untuk interval waktu 1 jam, fluks *recovery* jauh lebih kecil dari pada air gambut dengan pre-koagulasi PACl 70 mg/L + kapur 25 mg/L (gambar 6). Ini membuktikan bahwa pre-koagulasi selain dapat meningkatkan kualitas air yang dihasilkan juga dapat meningkatkan kuantitasnya. Air gambut tanpa pretreatment tentunya masih memiliki banyak bahan organik alami dengan berat molekul yang rendah, yang dapat masuk ke dalam pori membran dan mengakibatkan terjadinya penurunan fluks yang cepat. Dan pada akhirnya pencucian balik yang dilakukan sulit untuk melepaskan bahan organik yang terperangkap ke dalam pori membran tersebut, sehingga fluks *recovery* juga relatif kecil.



Gambar 6. Grafik fluks terhadap waktu (menit) untuk pengujian *backwashing* pada tekanan operasi 3 bar, interval *backwashing* setiap 1 jam.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

1. Penggunaan koagulan sebagai pretreatmen (pre-koagulasi) sangat besar pengaruhnya terhadap nilai fluks dan *fouling* pada membran.
2. Untuk air gambut dengan pretreatmen koagulan pada interval waktu *backwashing* yang berbeda yaitu 1 jam dan 5 jam, menghasilkan perbedaan fluks *recovery* yang relatif kecil yaitu 91,07% dan 90,57%.
3. Air gambut tanpa pretreatmen koagulan dengan interval waktu *backwashing* 1 jam menghasilkan fluks *recovery* jauh lebih kecil dari air gambut dengan pretreatmen koagulan, yaitu 55,64%.
4. *Backwashing* saja ternyata tidak cukup untuk menghasilkan fluks *recovery* yang besar, sehingga pencucian dengan bahan kimia (*chemical washing*) seperti NaOH sangat diperlukan dalam pengolahan air gambut ini.

Saran

Perlu dilakukan penelitian lanjutan dengan variasi interval dan durasi *backwashing* yang lebih banyak lagi, dan juga penelitian dengan pencucian menggunakan bahan kimia (*chemical cleaning*).

DAFTAR PUSTAKA

- Carroll, T, King, S, Gray, S, R, Bolto, B, A, dan Booker, N, A, 2000, *The Fouling of Microfiltration Membranes By NOM After Coagulation Treatment*, Journal Water Research : 34 (11); 2862-2868.
- Lee, H., G. Amy, J. Cho, Y. Yoon, S-H. Moon, and I.S. Kim, 2001, *Cleaning Strategies For Flux Recovery of an Ultrafiltration Membrane Fouled by Natural Organic Matter*, Journal Water Research : 35 (14), 3301-3308.
- Lee, N., G. Amy, J-P. Croue, and H. Buisson, 2004, *Identifikation and Understanding of Fouling in Low-Pressure Membrane (MF/UF) Filtration by Organic Matter*, Journal Water Research : 38; 4511-4523.
- Machbub, B, dan E.W. Irianto, 1994, *Pengolahan Air Gambut untuk Penyediaan Air Minum*. Makalah Lokakarya Pengolahan Air Berwarna, Palangkaraya.
- Madaeni, S, S, 1999, *The Application Of Membrane Technology For Water Disinfection*, Journal Water Research : 33 (2); 301-308.
- Mahmud, 2003, *Penurunan Warna dan Zat Organik Pada Pengolahan Air Gambut Menggunakan Membran Ultrafiltrasi*, Jurnal INFO-TEKNIK Volume 4 (2) Fakultas Teknik Universitas Lambung Mangkurat, Banjarmasin.
- Mallevalle, J., P.E. Odendaal, and M.R. Wiesner, 1996, *Water Treatment Membrane Processes*, Mc Graw-Hill, New York.
- Notodarmojo, S, 1994, *Pengolahan Air Berwarna: Kajian Terhadap Studi Laboratorium*, Makalah Lokakarya Pengolahan Air Berwarna, Palangkaraya.
- Teodosiu, C.C., M.D. Kennedy, H.A.V. Straten, and J.C. Schippers, 1999, *Evaluation of Secondary Refinery Effluent Treatment Using Ultrafiltration Membranes*. Journal Water Research : 33 (9); 2172-2180.
- Yuan, W., and L. Zydney, 1999. *Humic Acid Fouling During Microfiltration*, Journal of Membrane Science :157; 1-12.