

Studi Pengaruh Penambahan Karbon Aktif Pada Optimasi Penurunan Warna Dan Kandungan Organik Pada Air Gambut Menggunakan Membran Ultrafiltrasi

Rony Riduan¹

Abstract - High organic content in peat water lower its quality as one of the surface water source. Ultra filtration membrane system is applicable to this problem with support from PAC (Powdered Activated Carbon) pre-treatment in order to enhance its organic removal performance.

Effect of activated carbon pre-treatment to the performance of ultra filtration membrane system is analyzed from the optimum removal efficiency comparison. Optimization process is carried by analyzing the carbon active dose, contact time, acidity, applied pressure, and operating period effects in dead-end flow system. Statistical approach is used to support the optimization method with RSM (Response Surface Model) and regression analysis.

Activated carbon pre-treatment enhanced the colour rejection by 9.37% and organic rejection by 2.3% compared to non-pre-treated. Flux difference from those methods is about 9.37% higher in the beginning of filtration process, and about 78% higher after 4 hours of operation. Carbon active pre-treatment effects flux significantly but not as great in colour and organic rejection. Optimum condition in organic removal from this system is measured at 3 bar applied pressure and ambient pH form carbon active pre-treatment. Total colour and organic rejection is 98.02% and 98.54%. The highest flux obtained from this method is 24.47 L/m².hour. Generally, product from ultra filtration membrane system with activated carbon pre-treatment can achieve the drinking water quality standard.

Keywords – peat water, ultra filtration, activated carbon, organic

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Daerah rawa dan daerah pasang surut seperti di Kalimantan dan Sumatera umumnya menghadapi kesulitan dalam memperoleh air bersih terutama pada musim kemarau. Hal ini mempengaruhi peningkatan penggunaan sumber air permukaan. Salah satu sumber air permukaan yang ada di Banjarmasin adalah air gambut yaitu air permukaan yang sangat dipengaruhi oleh kondisi tanah gambut dibawahnya. Menurut data Puslitbang Sumber Daya Air (2000), air gambut di Kalimantan Selatan memiliki karakter warna coklat tua (124 – 571 unit PtCo),

kadar organik tinggi (38 – 280 mg/l KMnO₄), dan bersifat asam (pH 3,7 – 4,3). Hal ini menunjukkan bahwa ketiga parameter air gambut diatas memerlukan pengolahan khusus terlebih dahulu untuk dapat dimanfaatkan sebagai salah satu alternatif sumber air untuk keperluan domestik maupun industri.

Kandungan organik yang tinggi berpotensi membentuk senyawa karsinogen dalam reaksinya dengan klor pada proses desinfeksi (Shorney *et al.*, 1996). Selain itu kandungan organik juga menyebabkan intensitas warna yang tinggi dan merupakan media pertumbuhan mikroorganisme (Chang *et al.*, 1998).

Metoda penanganan yang dapat digunakan adalah pemanfaatan teknologi membran yang

¹ Staff pengajar Fakultas Teknik Unlam Banjarmasin

telah banyak diaplikasikan dalam proses pemurnian air. Permasalahan yang umum ditemukan dalam teknologi membran ini adalah masalah sensitivitas bahan membran dan fouling yang menyebabkan penurunan kinerja proses sehingga memerlukan suatu teknologi pengolahan awal (pretreatment) yang tepat (Shorney, 1996). karbon aktif (powdered activated carbon) dapat menjadi pretreatment yang tepat dalam menunjang kinerja membran ultrafiltrasi khususnya dalam mengurangi fouling pada membran.

Perumusan Masalah

Dari latar belakang permasalahan dapat dibuat suatu perumusan masalah sebagai berikut:

- Kemampuan membran ultrafiltrasi dalam meningkatkan kualitas air gambut khususnya dalam mereduksi kandungan organik.
- Pengaruh pretreatment karbon aktif dalam meningkatkan kinerja membran UF untuk mereduksi organik pada air gambut.
- Pengaruh variabel dosis karbon aktif, pH, tekanan dan periode operasi membran terhadap efisiensi penyisihan optimum yang dapat diberikan oleh masing-masing proses pengolahan (melalui pretreatment karbon aktif dan tanpa pretreatment karbon aktif).

Maksud dan Tujuan

Maksud dari penelitian adalah menganalisa kinerja kombinasi karbon aktif dan membran ultrafiltrasi dalam memperbaiki kualitas air gambut khususnya ditinjau dari segi penyisihan kandungan organik dan warna.

Penelitian ditujukan:

- Menganalisa pengaruh dosis karbon aktif, dan pH umpan (feed) pada proses adsorpsi organik dan warna di air gambut dengan karbon aktif.
- Menganalisa pengaruh tekanan operasi, pH umpan, dan periode operasi membran pada reduksi organik dan warna air gambut terhadap parameter flux dan rejeksi .
- Menganalisa kondisi optimal reduksi organik dan warna pada air gambut menggunakan membran UF serta kombinasinya dengan pretreatment karbon aktif.

- Menganalisa pengaruh pretreatment karbon aktif terhadap kinerja membran UF dalam mereduksi kandungan organik dan warna.

Ruang Lingkup Penelitian

Penelitian ini memiliki ruang lingkup sebagai berikut:

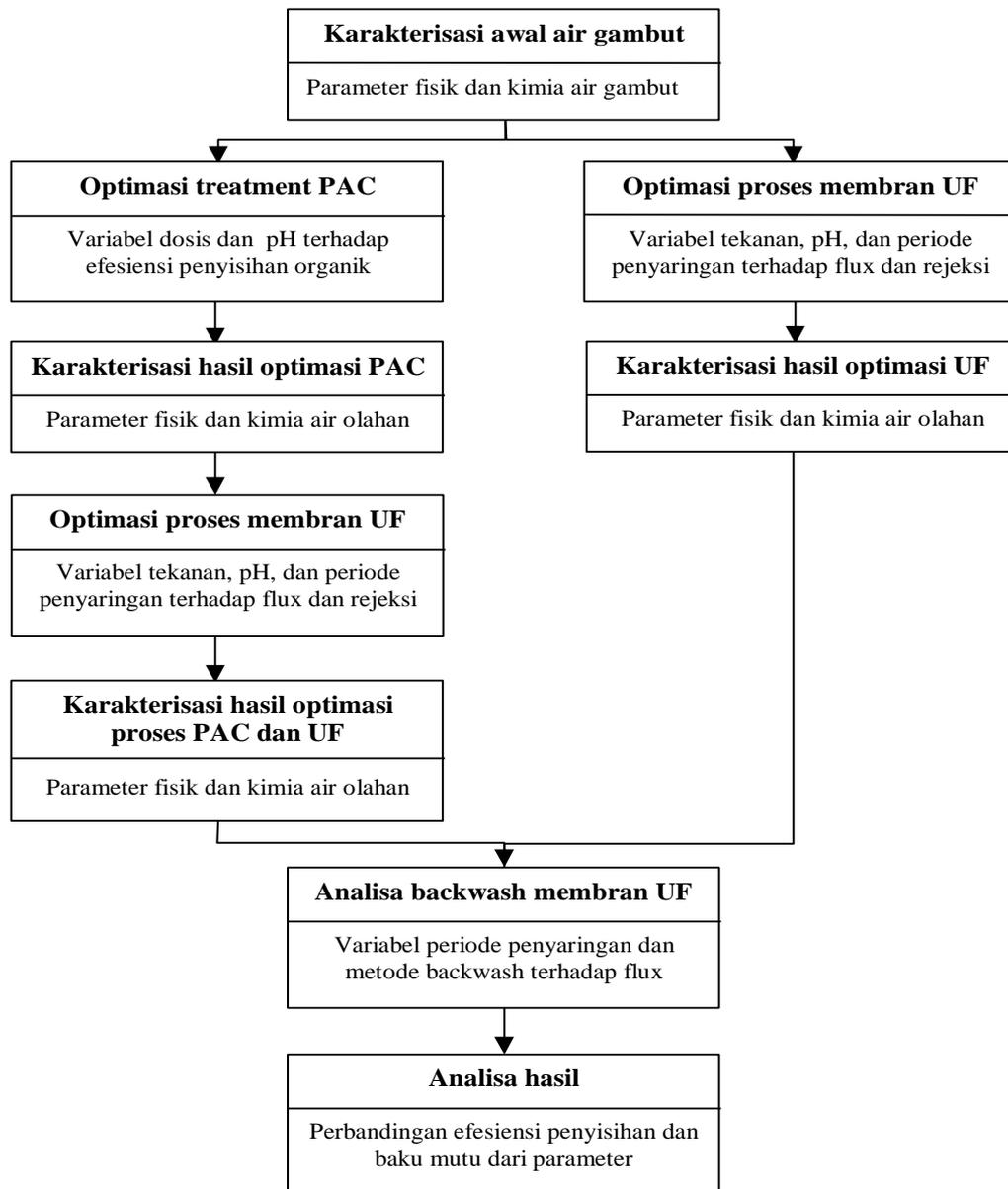
- Air gambut sebagai objek penelitian adalah air permukaan yang bersifat asam, berwarna merah kecoklatan dan memiliki kandungan organik tinggi yang diambil dari daerah Banjarmasin, Kalimantan Selatan.
- Percobaan dilakukan pada skala laboratorium dengan menggunakan karbon aktif sebagai pretreatment dan membran ultrafiltrasi bentuk flat dengan sistem aliran dead-end dalam model aliran batch.
- Membran UF yang digunakan adalah membran UF selulosa asetat dengan MWCO (Molecular Weight Cut-Off) 30.000 dalton dan menggunakan gaya dorong berupa tekanan udara.
- Parameter utama yang diukur adalah kandungan organik yang terkandung di air gambut, hasil kontak dengan karbon aktif dan yang lolos sebagai permeate dari membran UF dengan tetap memperhatikan parameter lain seperti warna, kekeruhan, dan keasaman.
- Performa optimal karbon aktif dianalisa melalui kemampuan penyisihan organik dengan variabel pH, dan dosis karbon aktif.
- Performa optimal membran dianalisa melalui parameter flux dan rejeksi dengan variabel tekanan, pH umpan, dan periode operasi.
- Dalam menganalisa pengaruh karbon aktif terhadap kinerja membran digunakan perbandingan efisiensi penyisihan melalui perbedaan hasil proses membran UF tanpa treatment awal dan melalui pretreatment karbon aktif.
- Dalam menganalisa kondisi optimal masing-masing proses digunakan pendekatan statistika untuk membangun model optimasi melalui metode RSM (Respon Surface Model) khususnya CCD (Central Composite Design) dan analisa regresi.

METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan untuk menganalisa pengaruh pretreatment karbon aktif pada kinerja membran UF. Selain itu juga akan dicari

kondisi optimum dari reduksi organik pada air gambut dengan melakukan perbandingan pada kombinasi proses pengolahan yaitu dengan langsung menggunakan membran UF, dan menggunakan pretreatment karbon aktif terlebih dahulu. Variabel yang dianalisa adalah dosis karbon aktif, dan keasaman (pH) untuk proses pengolahan awal dengan karbon aktif. Tahapan optimasi pada pengolahan dengan membran UF akan menganalisa variabel tekanan operasi, waktu penyaringan dan keasaman (pH). Pendekatan statistika melalui pengulangan pada titik optimum menggunakan metode CCD (Central Composite Design), dan analisa regresi digunakan untuk mendapatkan kondisi optimum dari masing-masing proses pengolahan. Tahapan penelitian tercantum pada Gambar 1.

Parameter kandungan organik diukur dengan PV (Permanganat Value) dalam matriks pengamatan. Selain itu juga ditinjau parameter warna, kekeruhan, dan pH. Sebagai tahap akhir akan dibandingkan persentase penyisihan dari tiap-tiap proses sehingga dapat dilihat kondisi optimum yang dapat diberikan dari masing-masing proses pengolahan. Pada percobaan ini digunakan karbon aktif dari produsen MERCK dengan type Rdh.31616 dengan waktu kontak 24 jam.



Gambar 1. Tahapan Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik sampel air gambut

Karakteristik dari air gambut dapat dilihat pada Tabel 1, dimana parameter pH, warna, dan kandungan organik merupakan parameter yang secara kualitatif melebihi ambang baku mutu yang ditentukan.

Tabel 1 Karakteristik air gambut

Parameter	Sampel		Baku Mutu	Keterangan	Metode Analisa
	I	II			
pH	4.56	4.61	6.5 - 8.5		Potensiometri
Warna	560	480	5	unit PtCo	Spektrofotometri
Organik	288.192	257.249	10	mg/l KMnO ₄	Titrimetri
BOD	72.5	40.2	0	mg/l	Titrimetri Winkler
COD	151.2	129.6	0	mg/l	Reflux tertutup
TDS	209	206	1000	mg/l	Gravimetri
Kekeruhan	5.54	4.88	5	NTU	Turbidimetri
Suhu	28	27.6	30	°C	Termometri
DHL	225	210	400*	µs/cm	Konduktimetri
Fe	td	td	0.3	mg/l	Spektrofotometri
Kesadahan	4	td	500	mg/l CaCO ₃	Titrimetri

Sumber: Baku Mutu dari Permenkes RI No. : 416/MENKES/PER/IX/1990 dan Alaerts et al.(1987)

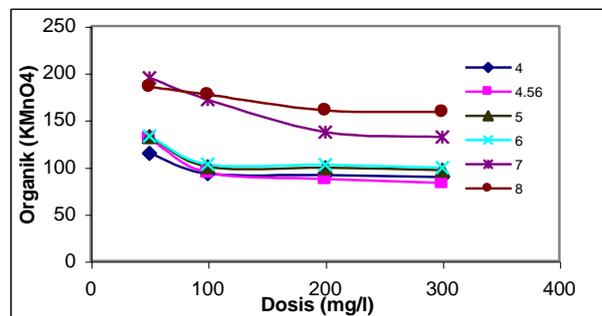
Analisa kinerja karbon aktif

Analisa ini bertujuan mencari kondisi optimum yang dapat diberikan oleh proses adsorpsi karbon aktif dalam mereduksi organik pada air gambut. Dalam hal ini parameter bebas lain yang turut di ukur adalah parameter warna dan pH akhir. Parameter warna sangat berkaitan dengan kandungan organik dengan berat molekul tinggi, sehingga dapat dijadikan parameter kontrol dalam analisa organik.

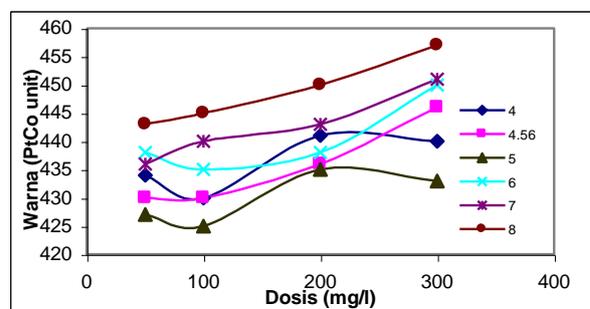
Variabel terikat adalah dosis karbon aktif (50 – 300 mg/l), dan pH (ambient, rentang 4 – 8). Analisa statistika yang dilakukan dalam mencari kondisi optimal meliputi analisa RSM dan regresi dengan program bantu Minitab.

a. Pengaruh dosis karbon aktif

Dosis karbon aktif sangat menentukan kualitas air yang diolah. Dosis yang terlalu sedikit akan menyebabkan banyak adsorbat yang belum tertangkap oleh karbon, sebaliknya dosis yang terlalu banyak akan mempengaruhi mutu dari air ditinjau dari segi warna, kekeruhan, partikel tersuspensi, dan dari segi biaya. Grafik pengaruh dosis terhadap kandungan organik dan warna pada waktu kontak 24 jam dan pH tertentu dapat dilihat pada Gambar 2a dan 2b.



Gambar 2a. Pengaruh dosis terhadap kandungan organik



Gambar 2b. Pengaruh dosis terhadap kandungan warna

Dari grafik dapat dilihat bahwa kandungan organik cenderung menurun seiring dengan

kenaikan dosis, namun penurunan tersebut tidak drastis dan tidak berbeda jauh pada dosis karbon aktif diatas 100 mg/l. Hal ini merupakan fenomena yang dijelaskan oleh Nilson dan DiGiano (1996) bahwa kontak dengan karbon aktif hanya akan mereduksi komponen organik dengan berat molekul menengah (sekitar 30.000 dalton), dan meninggalkan komponen organik dengan berat molekul tinggi dan sangat rendah. Setelah fraksi organik dengan berat molekul menengah itu terserap, maka penambahan dosis tidak akan secara signifikan meningkatkan efisiensi penyisihan organik oleh karbon aktif.

b. Analisa hubungan antar parameter

Kondisi optimum dianalisa melalui pendekatan statistik yaitu RSM dilanjutkan dengan CCD dan analisa regresi. Dari hasil ini dapat dilihat bahwa kandungan organik dan warna dipengaruhi secara signifikan oleh tingkat keasaman (pH), dan juga dosis yang digunakan. Model regresi yang didapat adalah pada Tabel 2 berikut.

Tabel 2. Persamaan regresi

<i>Persamaan model regresi</i>		<i>R²</i>
Organik =	$109 - 0.499 \text{Dosis} + 0.00103 \text{Dosis}^2 + 1.68 \text{pH}^2$	88.8 %
Warna =	$457 - 0.0101 \text{Dosis} - 11.5 \text{pH} + 0.000116 \text{Dosis}^2 + 1.22 \text{pH}^2 + 0.00328 \text{Dosis} \times \text{pH}$	82.4 %

Tabel 3. Hasil perbandingan

Metoda	Dosis	pH	Warna	Organik
Analisa grafik RSM	100	5	425	100.22
Analisa CCD	100	5	420	99.952
Model regresi	100	5	431.79	111.4

Tabel 4. Hasil analisa

Parameter	Sampel		Perbedaan (%)	Baku Mutu	Keterangan	Metode Analisa
	Gambut	Opt PAC				
pH	4.56	5.262	15.39	6.5 - 8.5	-	Potensiometri
Warna	560	420	-25	15	unit PrCo	Spektrofotometri
Organik	288.192	99.952	-65.32	10	mg/l KMnO ₄	Titrimetri
BOD	72.5	49.867	-31.22	0	mg/l	Titrimetri Wrinkler
COD	151.2	99.728	-34.04	0	mg/l	Reflux tertutup
TDS	209	206	-1.44	1000	mg/l	Gravimetri
Kekeruhan	5.54	11.7	111.19	5	NTU	Turbidimetri
Suhu	28	28	0	30	°C	Termometri
DHL	225	28.6	-87.29	400*	µs/cm	Konduktimetri
Fe	td	td	td	0.3	mg/l	Spektrofotometri
Kesadahan	4	1.0008	-74.98	500	mg/l CaCO ₃	Titrimetri

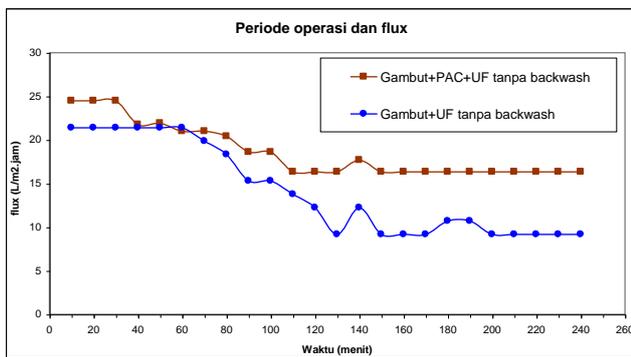
Data hasil analisa grafik dan analisa statistik kemudian dibandingkan dan didapat kondisi optimum yaitu pada dosis 100 mg/l dan pH 5, didapatkan hasil sebagaimana pada Tabel 3 diatas.

Dari pengulangan tersebut juga di ukur karakteristik hasil pengolahan dengan karbon aktif pada dosis 100 mg/l dan pH 5 (kondisi optimum) sebagaimana pada Tabel 4 diatas. Dari hasil diatas dapat diketahui bahwa kemampuan penyisihan organik air gambut dengan menggunakan karbon aktif memiliki persentase reduksi sekitar 65,32%. Reduksi warna pada air gambut terjadi sekitar 25%.

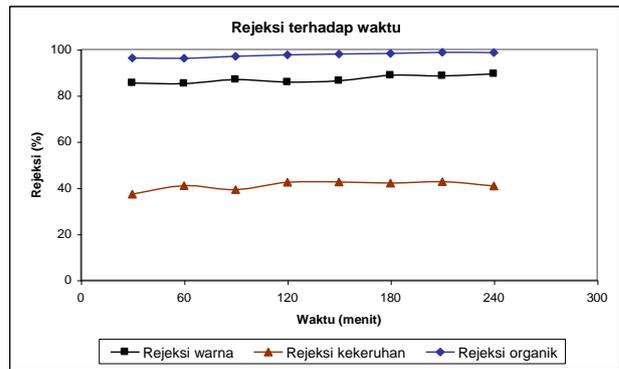
Flux dan rejeksi terhadap waktu

Pada Gambar 3 terlihat bahwa flux pada pengolahan dengan membran ultrafiltrasi terhadap air gambut memberikan hasil lebih rendah 14% pada awal operasi dan bertambah 78% lebih rendah pada periode operasi 4 jam dibandingkan pengolahan dengan pretreatment karbon aktif.

Flux maksimum yang diberikan oleh pengolahan tanpa karbon aktif adalah 21,39 L/m².jam, sedangkan melalui pretreatment karbon aktif memberikan 24,47 L/m².jam. Pada periode operasi 120 – 150 menit flux cenderung konstan. Hal ini disebabkan membesarnya resistensi terhadap tekanan operasi membran. Flux pada air gambut yang Hal yang berbeda terjadi pada rejeksi organik maupun warna yang cenderung konstan terhadap waktu dengan kenaikan yang tidak terlalu signifikan dikarenakan terjadinya fouling pada membran (Gambar 4). Penambahan karbon aktif dari hasil pengamatan mampu meningkatkan flux sebesar 43%.



Gambar 3 Flux pada membran



(b) Dengan pretreatment karbon aktif

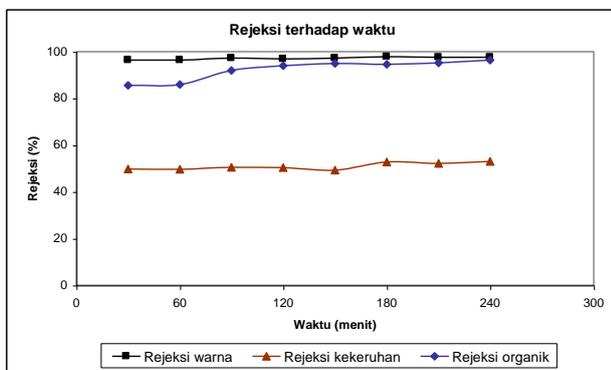
Gambar 4. Rejeksi membran UF terhadap waktu

Perbandingan kemampuan penyisihan

Setiap kondisi optimum pada masing-masing proses akan memberikan hasil yang bervariasi, namun juga dapat memberikan gambaran sejauh mana tiap perbedaan treatment akan memberikan perubahan kualitas. Persentase reduksi pada Tabel 5 memberikan perbandingan terhadap efisiensi penyisihan kontaminan dari masing-masing proses.

Tabel 5. Perbandingan kemampuan penyisihan

Parameter	Gambut	Proses pengolahan					
		PAC		UF		PAC+UF	
		Nilai	% reduksi	Nilai	% reduksi	Nilai	% reduksi
pH	4.61	5.841	26.70	7.12	54.45	7.01	52.06
Warna (unit PtCo)	480	410	14.58	52	89.17	7	98.54
Organik (mg/l KMnO ₄)	257.249	89.501	65.21	10.987	95.73	5.091	98.02
Kekeruhan (NTU)	4.88	9.48	0.00	2.921	40.14	4.618	5.37
DHL (µs/cm)	210	28.9	86.24	0.947	99.55	0.951	99.55



(a) Tanpa pretreatment karbon aktif

Peningkatan kemampuan reduksi organik dengan menggunakan kombinasi karbon aktif/UF tidak terlalu nyata apabila dibandingkan dengan tanpa pengolahan melalui karbon aktif. Pada reduksi warna, kombinasi proses karbon aktif/UF memberikan persentase removal yang juga lebih besar. Hal ini merupakan akibat dari terserapnya sebagian organik dengan berat molekul rendah pada proses adsorpsi karbon aktif sehingga fraksi yang lolos pada membran juga lebih sedikit. Perbedaan nilai pH umpam berpengaruh pada hasil tersebut. Pada kombinasi membran UF dan karbon aktif, pH umpam naik sampai 26,7%

dibandingkan dengan proses tanpa pengolahan karbon aktif terlebih dahulu. Keasaman yang lebih tinggi cenderung menyebabkan peningkatan rejeksi dari membran.

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian laboratorium dan analisa data yang dilakukan, dapat disusun suatu kesimpulan dan saran sebagai berikut

Kesimpulan

1. Pengolahan air gambut menggunakan membran ultrafiltrasi dengan pretreatment karbon aktif mampu meningkatkan kualitas air gambut pada parameter pH, warna, organik, dan kekeruhan sehingga memenuhi baku mutu standar air minum dari Departemen Kesehatan RI.
2. Pengaruh pretreatment karbon aktif pada pengolahan dengan membran ultrafiltrasi meningkatkan efisiensi penyisihan warna sebesar 9,37% dan penyisihan organik sebesar 2,3% dibandingkan tanpa pengolahan awal. Perbedaan flux setelah pretreatment mencapai 14% pada awal penyaringan dan mencapai 78% setelah periode operasi 4 jam. Pretreatment karbon aktif berpengaruh secara signifikan terhadap flux namun tidak terlalu signifikan terhadap rejeksi warna dan organik pada air gambut.
3. Kondisi optimum treatment karbon aktif adalah pada dosis karbon aktif 100 mg/l dan pada pH 5. Kondisi ini memberikan persentase penyisihan warna sebesar 14,58% dan organik sebesar 65,21%. Peningkatan dosis tidak secara signifikan meningkatkan kemampuan penyisihan organik maupun warna.
4. Kondisi optimum penyisihan organik membran ultrafiltrasi untuk air gambut tanpa treatment awal adalah pada tekanan 3 bar dan pH 7, dimana memberikan rejeksi warna sebesar 89,17% dan rejeksi organik sebesar 95,73%. Flux maksimal yang diberikan adalah 21,39 L/m².jam.
5. Kondisi optimum penyisihan organik membran ultrafiltrasi untuk air gambut dengan treatment awal karbon aktif adalah pada tekanan 3 bar dan pH ambient hasil pengolahan karbon aktif yaitu pH 5.841. Rejeksi warna yang dihasilkan adalah

sebesar 98,02% dan rejeksi organik sebesar 98,54%. Flux maksimal yang diberikan adalah 24,47 L/m².jam.

6. Kedua jenis pengolahan baik tanpa pretreatment maupun dengan pretreatment mengalami penurunan flux maksimal pada waktu penyaringan sekitar 120 – 150 menit sehingga memerlukan suatu mekanisme pembersihan (*backwash*).

Saran

1. Dalam menganalisa kemampuan reduksi organik ini masih memerlukan penelitian lebih jauh mengenai pengaruh bahan membran yang digunakan.
2. Variasi jenis karbon aktif dapat diterapkan untuk mendapatkan pretreatment yang lebih optimal.
3. Kemampuan penyisihan mikrobiologis dapat dianalisa lebih lanjut pada sistem membran ultrafiltrasi dan pretreatment karbon aktif untuk air gambut.
4. Dapat digunakan alat atau metode pengukuran kualitas air yang memiliki ketelitian tinggi pada rentang nilai yang rendah.
5. Sistem aliran dapat dianalisa lebih jauh dengan menerapkan aliran cross-flow dan sistem resirkulasi untuk mereduksi fouling membran.
6. Dapat dilakukan analisa lanjutan mengenai pengaruh berat molekul dan sifat hidrofobik serta hidrofilik organik terhadap kinerja membran ultrafiltrasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Alaerts G. and Santika S.S. (1987) *Metoda Penelitian Air*, Usaha Nasional, Surabaya.
- Chang Y.J., Choo K.H., Benjamin M.M. and Reiber, S. (1998) *Combined Adsorption-UF process increases TOC removal*, Jurnal American Water Work Association, vol.90 pp 90-102
- Nilson J.A. and DiGiano F.A. (1996) *Influence of NOM Competition on Nanofiltration*, Jurnal American Water Work Association, vol.88 pp 53
- Shorney H.L (1996) *The Influence of Raw Water Quality on Enhanced Coagulation and Softening for the Removal of NOM and DBP Formation*, Proceeding of the Annual Conference of the American Water Works Association, Canada