PENYISIHAN WARNA, ZAT ORGANIK DAN KEKERUHAN PADA AIR GAMBUT DENGAN KOMBINASI PROSES KOAGULASI-FLOKULASI MENGGUNAKAN KOAGULAN ALUMUNIUM SULFAT ($AL_2(SO_4)_3$) DAN MEMBRAN ULTRAFILTRASI

Yulia Nastiti [1)], Syarfi Daud [2)], Syamsu Herman[3)]
[1)]Mahasiswa Program Studi Teknik Lingkungan, [2)]Dosen Teknik Lingkungan
[3)] Dosen Teknik Kimia
Laboratorium Pengendalian dan Pencegahan Pencemaran Lingkungan
Program Studi Teknik Lingkungan S1, Fakultas Teknik Universitas Riau
Kampus Bina Widya Jl. HR. Soebrantas Km. 12,5 Simpang Baru, Panam, Pekanbaru 28293
*E-mail : yulia.nastiti@gmail.com

ABSTRACT

The main challenge in peat water treatment is finding the treatment process that produces treated water quality which meets the quality standard of clean water. One of the peat water treatment is membrane ultrafiltration with combination coagulation-flocculation process. Combination treatment is done to improve the quality of processed water and reduce the workload of the membrane so membrane's performance increases. The purpose of this study was to determine the decrease of turbidity, organic matter and color on coagulation-flocculation process, determine the flux and rejection coefficient of turbidity, organic matter and color in processing using ultrafiltration membranes without and with combination coagulation-flocculation process and determine decrease of color, organic matter, and turbidity in water treatment using membrane ultrafiltration with combination of coagulation-flocculation process. The study was conducted by using 60 mg/L of coagulant aluminum sulfate ($Al_2(SO_4)_3$) on coagulation-flocculation process and ultrafiltration membrane feed pressure 0.5; 1 and 1.5 bar. The results showed highest rejection coefficient values of turbidity, organic matter and color obtained on peat water treatment by combination coagulation-flocculation process and ultrafiltration membrane at pressure 0.5 bar, with rejection coefficient value for turbidity, organic matter and color respectively amounted to 100 %, 91.04% and 96.68%.

***Key Words**: Aluminum Sulfate, Coagulation-Flocculation, Color, Organic Matter, Peat Water, Turbidity, Ultrafiltration Membrane*

1. PENDAHULUAN

Salah satu sumber air baku di Indonesia adalah air gambut. Riau merupakan provinsi di Indonesia yang memiliki lahan gambut terluas dengan 4,044 juta Ha atau 56,1 % dari luas total lahan gambut di Sumatera yang mencapai 7,2 juta Ha [Kurniawan, 2007]. Luas tersebut adalah sekitar 45 % dari luas total Provinsi Riau, oleh sebab itu dapat dikatakan bahwa air gambut merupakan sumber air yang cukup besar di Provinsi Riau yang jika diolah dengan baik dapat dijadikan sebagai sumber air bersih bagi masyarakat [Novita, 2008]. Air gambut merupakan air permukaan dari tanah bergambut dengan ciri mencolok karena warnanya merah kecokelatan, mengandung zat organik tinggi, pH 2-5, dan tingkat kesadahannya rendah [Kusnaedi, 2006]. Tingginya keasaman tanah gambut disebabkan oleh tingginya kandungan asam-asam organik, yaitu asam humat dan asam fulvat [Barchia, 2006]. Intensitas warna yang tinggi adalah salah satu ciri khas dari air gambut yang merupakan akibat dari tingginya kandungan zat organik terlarut, terutama dalam bentuk asam humus dan derivatnya. Zat oganik yang

menyebabkan warna tersebut berasal dari dekomposisi bahan organik seperti daun, pohon atau kayu dengan berbagai tingkat dekomposisi [Notodarmojo dalam Syarfi dan Herman, 2007]. Secara kuantitas air gambut berpotensial menjadi sumber air untuk dimanfaatkan manusia dalam kebutuhannya sehari-har, tetapi dari segi kualitas, estetika dan kesehatan air gambut tidak layak digunakan untuk aktivitas manusia karena tidak memenuhi standar air bersih [Elfiana, 2012].

Air gambut dapat dijadikan sumber air bersih jika dilakukan pengolahan terlebih dahulu. Teknologi konvensional yang umumnya digunakan dalam pengolahan air dengan kandungan zat organik alam tinggi seperti air gambut meliputi aerasi, koagulasi, flokulasi, sedimentasi dan filtrasi, tetapi teknologi konvensional memiliki keterbatasan seperti membutuhkan proses yang panjang, luas lahan besar, membutuhkan banyak peralatan, membutuhkan bahan kimia, serta operasional dan perawatan yang rumit. Hal ini menimbulkan pemikiran untuk mengembangkan lebih jauh bahkan hingga memodifikasinya dengan teknologi baru seperti teknologi membran [Mahardani dan Ferdyan, 2006]. Teknologi membran di Indonesia merupakan teknologi yang relatif baru dalam pengolahan air. Salah satu jenis membran yang sering digunakan adalah membran ultrafiltrasi. Membran ultrafiltrasi memiliki diameter pori dengan rentang 1-10 nm [Baker, 2004]. Salah satu keunggulan membran adalah kemampuan dalam merejeksi berbagai kontaminan dalam air umpan relatif baik [Syarfi dan Herman, 2007]. Penelitian ini akan dilakukan pengolahan air gambut dengan mengkombinasikan teknologi konvensional yaitu koagulasi-flokulasi dengan teknologi membran untuk mencapai kualitas yang lebih baik. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menentukan penurunan kekeruhan, zat organik dan warna pada proses koagulasi-flokulasi menggunakan koagulan alumunium sulfat ($Al_2(SO_4)_3$). Menentukan fluks serta koefisien rejeksi kekeruhan, zat organik dan warna pada proses pengolahan menggunakan membran ultrafiltrasi tanpa dan dengan pengolahan pendahuluan. Menentukan penurunan warna, zat organik, dan kekeruhan dalam pengolahan air gambut menggunakan membran ultrafiltrasi dengan pengolahan pendahuluan.

2. METODA PENELITIAN

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah air gambut, aquades, koagulan alumunium sulfat ($Al_2(SO_4)_3$) dan kapur ($Ca(OH)_2$). Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah satu unit modul membran ultrafiltrasi yang dilengkapi dengan pompa jenis diafragma dan dua *pressure gauge* yang dipasang pada aliran *inlet* dan *outlet*, tangki *influent* dan tangki *effluent*, selang, *stopwatch*, *jar test*, *beaker glass*, labu ukur, gelas ukur, timbangan analitik, pH meter, *turbiditymeter*, dan spektrofotometer.

Variabel tetap penelitian pada proses koagulasi-flokulasi yaitu dosis koagulan alumunium sulfat ($Al_2(SO_4)_3$) sebesar 60 mg/L, kecepatan pengadukan koagulasi sebesar 100 rpm selama 1 menit, kecepatan pengadukan flokulasi sebesar 40 rpm selama 15 menit dan pada proses membran yaitu waktu pengoperasian membran selama 100 menit. Variabel bebas penelitian yaitu tekanan umpan sebesar 0,5 bar; 1 bar dan 1,5 bar. Penelitian dilakukan dengan dua metode pengolahan yaitu pengolahan air gambut menggunakan membran ultrafiltrasi dengan air umpan tanpa didahului pengolahan pendahuluan dan dengan didahului pengolahan pendahuluan.

Sampel yang diperoleh dari setiap perlakuan dianalisa warna, zat organik dan kekeruhan. Analisa dilakukan dengan menggunakan metode yang mengacu pada SNI. Data volume permeat yang didapat

kemudian diolah dalam bentuk fluks. Fluks dirumuskan sebagai berikut :

$$J = [\frac{V}{A\ x\ t}]$$

dimana :

J = Fluks (L/m^2.jam)
V = Volume permeat (L)
A = Luas permukaan membran (m^2)
t = Waktu (jam)

sedangkan data hasil analisa diolah untuk menentukan koefisien rejeksi membran dengan persamaan sebagai berikut :

$$R = \left(1 - \frac{Cp}{Cf}\right) \text{ x } 100\ \%$$

dimana :

R = Koefisien rejeksi (%)
Cp = Konsentrasi zat terlarut dalam permeat
Cf = Konsentrasi zat terlarut dalam Umpan

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Hasil Analisa Karakteristik Awal Air Gambut Desa Air Terbit

Uji karakteristik air gambut ini meliputi warna, zat organik, kekeruhan dan pH. Hasil analisa uji karakteristik untuk air gambut dari Desa Air Terbit, Kecamatan Tapung, Kabupaten Kampar ini dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Analisa Uji Karakteristik Awal Air Gambut Desa Air Terbit

Parameter	Satuan	Hasil Analisa	Baku Mutu *
pH	-		6,5 -9,0
Warna	PtCo	391	50
Zat Organik	mg/L $KMnO_4$	42,34	10
Kekeruhan	NTU	32	5

*) Berdasarkan Permenkes RI No. 416/MENKES/PER/IX/1990

3.2. Pengolahan Air Gambut Menggunakan Proses Koagulasi-Flokulasi

Pengolahan koagulasi-flokulasi dilakukan dengan penambahan koagulan alumunium sulfat ($Al_2(SO_4)_3$) sebesar 60 mg/L (berdasarkan *jar test*). Hasil pengolahan koagulasi-flokulasi dapat dilihat pada Tabel 2 dibawah ini.

Tabel 2. Hasil Analisa Pengolahan Koagulasi-Flokulasi

Parameter	Sebelum Koagulasi-Flokulasi	Setelah Koagulasi-Flokulasi	Baku Mutu *
Kekeruhan	32 NTU	5,11 NTU	5 NTU
Zat Organik	42,34 mg/L $KMnO_4$	23,38 mg/L $KMnO_4$	10 mg/L $KMnO_4$
Warna	391 PtCo	128 PtCo	50 PtCo

*) Berdasarkan Permenkes RI No.416/MENKES/PER/IX/1990

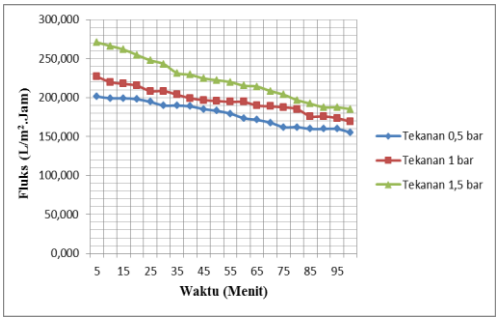
Berdasarkan Tabel 2 dapat dilihat bahwa nilai kekeruhan menurun dari 32 NTU menjadi 5,11 NTU, nilai zat organik menurun dari 42,34 mg/L $KMnO_4$ menjadi 23,38 mg/L $KMnO_4$ dan untuk nilai warna menurun dari 391 PtCo menjadi 128 PtCo.

Penurunan tersebut disebabkan karena penambahan koagulan akan menghasilkan reaksi kimia dimana muatan- muatan negatif yang saling tolak-menolak di sekitar partikel terlarut berukuran koloid akan ternetralisasi oleh ion-ion positif dari koagulan dan pada akhirnya partikel-partikel koloid tersebut akan saling tarik-menarik dan menggumpal membentuk flok [Gao dkk, 2009]. Flok-flok yang telah terbentuk akan lebih mudah mengendap dan dipisahkan dari air gambut, sehingga nilai kekeruhan, zat organik dan warna akan menurun.

Tabel 2 juga menunjukkan bahwa nilai kekeruhan, zat organik dan warna setelah koagulasi-flokulasi masih berada diatas baku mutu air bersih yang telah ditetapkan. Hal ini disebabkan karena masih terdapat zat-zat tersuspensi yang belum tersisihkan saat proses koagulasi-flokulasi, sehingga perlu dilakukan pengolahan lebih lanjut menggunakan membran ultrafiltrasi.

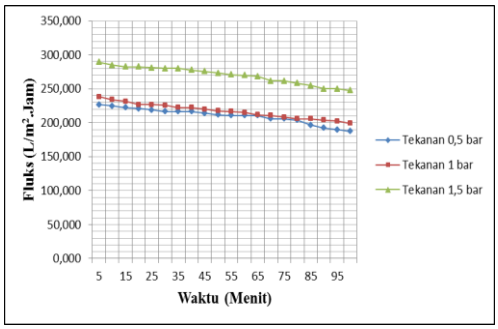
3.3. Fluks Membran Ultrafiltrasi Tanpa dan dengan Pengolahan Pendahulan

Hasil perhitungan fluks membran tanpa dan dengan pengolahan pendahuluan koagulasi-flokulasi dapat dilihat pada Gambar 1 dan Gambar 2.



Gambar 1. Karakteristik Fluks Membran Tanpa Pengolahan Pendahuluan pada Berbagai Tekanan

Berdasarkan Gambar 1 dapat dilihat nilai fluks tertinggi ada pada tekanan 1,5 bar sedangkan nilai fluks terendah ada pada tekanan 0,5 bar. Nilai fluks rata-rata membran ultrafiltrasi tanpa pengolahan pendahuluan pada tekanan 0,5; 1 dan 1,5 bar masing-masing adalah 178,932 L/m^2.jam, 196,293 L/m^2.jam dan 223,086 L/m^2.jam.



Gambar 2. Karakteristik Fluks Membran dengan Pengolahan Pendahuluan pada Berbagai Tekanan

Berdasarkan Gambar 2 dapat dilihat nilai fluks tertinggi ada pada tekanan 1,5 bar sedangkan nilai fluks terendah ada pada tekanan 0,5 bar. Nilai fluks rata-rata membran ultrafiltrasi dengan pengolahan pendahuluan pada tekanan 0,5; 1 dan 1,5 bar masing-masing adalah 210,123 L/m^2.jam, 217,241 L/m^2.jam dan 269,960 L/m^2.jam.

Grafik pada gambar 1 dan 2 menjelaskan bahwa semakin besar tekanan akan menghasilkan fluks yang lebih besar. Hal ini disebabkan karena semakin besar tekanan, maka gaya dorong (*driving force*) yang dihasilkan akan semakin besar. Gaya dorong (*driving force*) yang semakin besar kemudian akan menyebabkan meningkatnya volume air umpan yang melewati membran sehingga fluks yang dihasilkan juga akan semakin besar [Shadili, 2013].

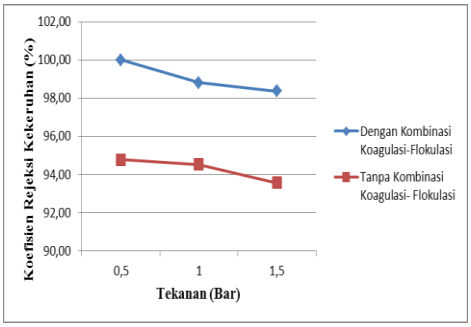
Kedua grafik diatas juga menunjukkan bahwa fluks akan mengalami penurunan selama pengoperasian membran. Hal ini terjadi karena semakin lama waktu pengoperasian membran akan terbentuk polarisasi konsentrasi dan *fouling*. Polarisasi konsentrasi terjadi karena material didalam umpan berkumpul pada permukaan membran dan membentuk lapisan yang semakin lama akan semakin menebal [Syarfi dan Syamsu, 2007]. *Fouling* terjadi akibat adanya partikel-partikel yang tertahan dan menutupi permukaan membran [Mulder,1996]. Hal ini menyebabkan terhalangnya air umpan melewati membran sehingga kinerja membran menurun yang ditandai dengan penurunan fluks secara terus-menerus dan penurunan fluks ini merupakan fungsi dari waktu [Mahmud, 2005].

Jika dilakukan perbandingan, terlihat bahwa fluks rata-rata membran ultrafiltrasi dengan pengolahan pendahuluan lebih besar daripada fluks rata-rata membran ultrafiltrasi tanpa pengolahan pendahuluan. Menurut Notodarmojo dan Anne [2004], pengolahan pendahuluan akan mengurangi gejala polarisasi konsentrasi yaitu terkumpulnya koloid dan partikel pada permukaan membran yang akan membentuk lapisan *cake*. Hal ini disebabkan karena proses koagulasi menyebabkan partikel-partikel koloid di dalam air umpan mengendap, dan

mengurangi kandungan kontaminan yang akan disaring oleh membran, sehingga fluks yang diperoleh dari air umpan dengan pengolahan pendahuluan akan mengalami peningkatan.

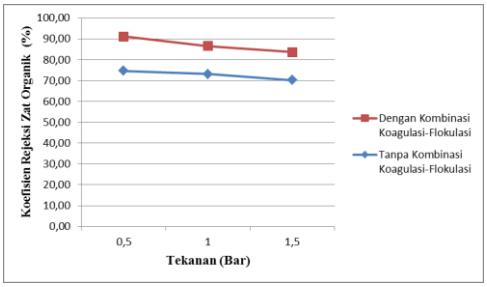
3.4. Selektivitas Membran Ultrafiltrasi Tanpa dan dengan Pengolahan Pendahuluan

Selektivitas membran digambarkan oleh koefisian rejeksi. Koefisien rejeksi kekeruhan, zat organik dan warna pada pengolahan menggunakan membran ultrafiltrasi tanpa dan dengan pengolahan pendahuluan dapat dilihat pada Gambar 3, 4 dan 5.



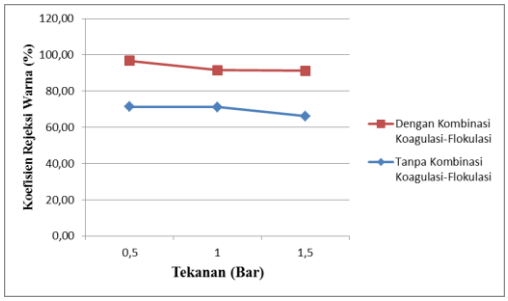
Gambar 3. Koefisien Rejeksi Kekeruhan pada Berbagai Tekanan Tanpa dan dengan Pengolahan Pendahuluan

Berdasarkan Gambar 3 dapat dilihat pada tekanan 0,5 bar koefisien rejeksi kekeruhan tanpa pengolahan pendahuluan flokulasi sebesar 94,78% sedangkan dengan pengolahan pendahuluan meningkat menjadi 100%. Pada tekanan 1 bar koefisien rejeksi kekeruhan tanpa pengolahan pendahuluan sebesar 94,53% sedangkan dengan pengolahan pendahuluan meningkat menjadi 98,81%. Pada tekanan 1,5 bar koefisien rejeksi kekeruhan tanpa pengolahan pendahuluan sebesar 93,56% sedangkan dengan pengolahan pendahuluan meningkat menjadi 98,38%.



Gambar 4. Koefisien Rejeksi Zat Organik pada Berbagai Tekanan Tanpa dan dengan Pengolahan Pendahuluan

Berdasarkan Gambar 4 dapat dilihat pada tekanan 0,5 bar koefisien rejeksi zat organik tanpa pengolahan pendahuluan sebesar 74,63% sedangkan dengan pengolahan pendahuluan meningkat menjadi 91,04%. Pada tekanan 1 bar koefisien rejeksi zat organik tanpa pengolahan pendahuluan sebesar 73,13% sedangkan dengan pengolahan pendahuluan meningkat menjadi 86,57%. Pada tekanan 1,5 bar koefisien rejeksi zat organik tanpa pengolahan pendahuluan sebesar 70,15% sedangkan dengan pengolahan pendahuluan meningkat menjadi 83,58%.



Gambar 5. Koefisien Rejeksi Warna pada Berbagai Tekanan Tanpa dan dengan Pengolahan Pendahuluan

Berdasarkan Gambar 5 dapat dilihat pada tekanan 0,5 bar koefisien rejeksi warna tanpa pengolahan pendahuluan sebesar 71,36% sedangkan dengan pengolahan pendahuluan meningkat menjadi 96,68%. Pada tekanan 1 bar koefisien rejeksi warna

pengolahan pendahuluan sebesar 71,10% sedangkan dengan pengolahan pendahuluan meningkat menjadi 91,56%. Pada tekanan 1,5 bar koefisien rejeksi warna tanpa pengolahan pendahuluan sebesar 66,24% sedangkan dengan pengolahan pendahuluan meningkat menjadi 91,30%.

Berdasarkan Gambar 3, 4 dan 5 dapat dilihat bahwa pengolahan pendahuluan akan meningkatkan nilai koefisisen rejeksi. Peningkatan koefisien rejeksi tersebut dikarenakan pengolahan pendahuluan berupa koagulasi-flokulasi dapat mengendapkan koloid dan partikel penyebab tingginya nilai kekeruhan, zat organik dan warna yang terdapat pada air gambut. Koagulasi-flokulasi akan menurunkan beban penyaringan membran karena sebagian pengotor (berupa flok) telah terendapkan [Liang dkk, 2007]. Zat tersuspensi yang belum sempat terpisahkan pada proses koagulasi-flokulasi akan dipisahkan oleh membran, sehingga pengolahan air gambut dengan kombinasi pengolahan pendahuluan koagulasi-flokulasi mampu menyisihkan kekeruhan, zat organik dan warna lebih banyak dan didapatkan hasil olahan yang lebih baik.

Berdasarkan Gambar 3, 4 dan 5 juga dapat dilihat bahwa penyisihan tertinggi baik kekeruhan, zat organik maupun warna didapat pada tekanan 0,5 bar dan penyisihan terendah didapat pada tekanan 1,5 bar. Kemampuan rejeksi pada membran berbeda untuk setiap tekanan, pada tekanan terkecil yaitu 0,5 bar kecepatan aliran umpan yang melewati membran lebih rendah dan fluida lebih stabil sehingga kontaminan mempunyai kesempatan untuk tersaring lebih besar, sebaliknya semakin tinggi tekanan, gaya dorong akan semakin besar menyebabkan semakin cepat aliran umpan yang melewati membran, sehingga kemungkinan lolosnya partikel semakin besar. Kemungkinan adanya deformasi (pelebaran pori) pada membran akibat semakin besar tekanan juga dapat menurunkan nilai koefisien rejeksi. Pelebaran pori akan menurunkan kemampuan membran untuk menahan partikel yang terdapat pada air umpan sehingga nilai koefisien rejeksi membran pada tekanan yang besar akan menurun [Notodarmojo dan Anne, 2004].

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil penelitian dan pembahasan dapat diambil kesimpulan bahwa:

1. Pengolahan koagulasi-flokulasi mampu menurunkan kekeruhan dari 32 NTU menjadi 5,11 NTU, nilai zat organik dari 42,34 mg/L $KmnO_4$ menjadi 23,38 mg/L $KmnO_4$ dan nilai warna dari 391 PtCo menjadi 128 PtCo.
2. Pada pengolahan air gambut menggunakan membran ultrafiltrasi tanpa pengolahan pendahuluan, fluks rata-rata tertinggi didapat pada tekanan 1,5 bar yaitu sebesar 223,086 L/m^2.jam dan koefisien rejeksi tertinggi didapat pada tekanan 0,5 bar nilai koefisien rejeksi kekeruhan, zat organik serta warna masing-masing sebesar 94,78%, 74,63% 71,36%.
3. Pengolahan air gambut menggunakan membran ultrafiltrasi dengan pengolahan pendahuluan, fluks rata-rata tertinggi didapat pada tekanan 1,5 bar yaitu sebesar 269,960 L/m^2.jam dan koefisien rejeksi tertinggi didapat pada tekanan 0,5 bar nilai koefisien rejeksi kekeruhan, zat organik serta warna masing-masing sebesar 100%, 91,04% dan 96,68%.
4. Penurunan kekeruhan, zat organik dan warna tertinggi didapat pada pengolahan air gambut dengan kombinasi pengolahan pendahuluan koagulasi-flokulasi dan membran ultrafiltrasi pada tekanan 0,5 bar, dengan nilai kekeruhan dari 32 NTU menjadi 0 NTU, nilai zat organik dari 42,34 mg/L $KMnO_4$ menjadi 3,79 mg/L $KMnO_4$ dan nilai warna dari 391 PtCo menjadi 13 PtCo.

Beberapa hal yang disarankan dari hasil penelitian ini adalah perlu dilakukan

pengolahan air gambut dengan parameter yang berbeda dan juga pada penelitian selanjutnya dapat digunakan jenis umpan yang berbeda.

DAFTAR PUSTAKA

Baker, R.W. (2004). *Membrane Technology and Application* (2nd ed.). California: John Wiley & Son Ltd.

Barchia, M.F. (2006). *Gambut : Agroekosistem dan Transformasi Karbon*. Yogyakarta : Gadjah Mada University *Press*.

Elfiana. (2012). *Penurunan Konsentrasi Organik Air Gambut AOP (Advance Oxidation Processes) dengan Fotokimia Sinar UV dan UV-Peroksidasi*. Prodising Seminar Nasional Yusuf Benseh.

Gao, S., Jixian, Y., Jiayu, T., Fang, M., Gang, T., & Maon, D. (2009). *Electro-gulation-flotation process for algae removal*. *Journal of Hazardous Materials 177*, 336-343.

Kurniawan, S. (2007). *Stop Konversi Semenanjung Kampar Karena Memicu Perubahan Iklim*. Artikel Jikalahari-WWF Indonesia. http://www.wwf.or.id?2740/. Diakses pada tanggal 30 September 2014.

Kusnaedi. (1995). *Mengolah Air Gambut dan Air Kotor untuk Air Minum*. Jakarta : Penebar Swadaya.

Liang, H., Weija, G., & Guibai L., (2007). *Performance evaluation of water treatment ultrafiltration pilot plants treating algae-rich reservoir water. Journal Desalination* 221,345-350.

Mahardani., & Ferdyan. (2006). *Pengolahan Air Baku Menjadi Air Minum dengan Teknologi Membran Mikrofiltrasi dan Ultrafiltrasi*. Kumpulan Naskah Pekan Ilmiah Mahasiswa Nasional Tahun 2006 Universitas Muhammadiah Malang.

Mulder. (1996). *Basic Principles of Membrane Technology* 2nd *Edition*. Hetherland: Academic Publisher.

Notodarmojo, S. & Anne, D. (2004). *Penurunan Zat Organik dan Kekeruhan Menggunakan Teknologi Membran Ultrafiltrasi dengan Sistem Aliran Dead-End*. PROC. ITB Sains & Tek. Vol. 36 A, No. 1, 63-82.

Novita, E. (2008). *Penurunan Intensitas Warna Air Gambut Menggunakan Cangkang Telur*. Tesis Pasca Sarjana, Teknik Lingkungan, Institut Teknologi Bandung: Bandung.

Permenkes., (1990). *Peraturan Menteri Kesehatan No. 416/ MEN.KES/PER/IX/1990 tentang Syarat-Syarat dan Pengawasan Air.*

Shadili, M. (2013). *Kombinasi Pengolahan Anaerob dan Membran Ultrafiltrasi Berbahan Dasar Polisulfon untuk Proses Pengolahan Limbah Cair Kelapa Sawit*. Tugas Akhir, Teknik Kimia, Universitas Riau: Pekanbaru.

Syarfi., & Syamsu, H. (2007). *Rejeksi Zat Organik Air Gambut Dengan Membran Ultrafiltrasi*. Jurnal Sains dan Teknologi 6(1) 1-4.