



PENGOLAHAN AIR LUMUT DENGAN KOMBINASI PROSES KOAGULASI DAN ULTRAFILTRASI

Arinaldi (L2C007013) dan Ferdian (L2C007045)

Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. H. Sudharto, Tembalang, Semarang, Kode Pos 50239
Telp. (024) 7460053, 7460055, 7460058 Fax. (024) 746055, 76480675
Pembimbing: Dr. I Nyoman Widiasta, S.T., M.T.

Abstrak

Air berlumut adalah air yang mengandung lumut yang terlarut di dalamnya. Lumut yang terlarut dalam air dapat menyebabkan gangguan. Pada penelitian ini, digunakan proses koagulasi dan flokulasi, yang kemudian dilanjutkan dengan proses ultrafiltrasi untuk memisahkan lumut dari air berlumut. Pralakuan koagulasi-flokulasi pada umpan membran dilakukan untuk memperpanjang umur membran dan meningkatkan kinerja pemisahan membran ultrafiltrasi dalam pengolahan air berlumut ini. Koagulan yang digunakan adalah tawas dan PAC, variabel pH antara 5 – 8, dan konsentrasi koagulan antara 50 – 250 ppm. Umpan berupa air berlumut memiliki kekeruhan 75 – 100 NTU. Didapatkan hasil bahwa pH optimum untuk proses koagulasi dengan kedua jenis koagulan adalah pada pH netral (6,5 – 7,5). Konsentrasi koagulan tawas optimum adalah 100 – 200 ppm, sedangkan konsentrasi PAC optimum adalah 50 – 100 ppm. Dari penelitian ini juga dapat disimpulkan bahwa pralakuan koagulasi sebelum proses ultrafiltrasi pada pengolahan air berlumut akan mengurangi beban kerja membran ultrafiltrasi.

Kata kunci : koagulan; koagulasi; lumut; ultrafiltrasi

Abstract

Green water is water with dissolved algae. Dissolved algae in water can be a nuisance. In this research, coagulation – flocculation followed by ultrafiltration was used to separate algae from green water. Coagulation – flocculation as a pretreatment before ultrafiltration can prolong membrane's lifetime and improve its removal performances in the green water treatment process. Chemical agent (coagulant) that used for coagulation in this research is alum and PAC, pH varied in range 5 – 8, coagulant concentration varied in range 50 – 250 ppm. Coagulation feed's turbidity is 75 – 100 NTU. Obtained the result that the optimum pH using both coagulants is in range 6,5 – 7,5. For alum, the optimum concentration of coagulant is in range 100 – 200 ppm. For PAC, the optimum concentration is in range 50 – 100 ppm. This research also proved that the coagulation pretreatment before ultrafiltration in green water treatment can help out the works of ultrafiltration membrane.

Keywords : coagulant; coagulation; algae; ultrafiltration

1. Pendahuluan

Air berlumut adalah air yang mengandung lumut yang terlarut di dalamnya. Banyak kolam dan danau mengalami penyuburan lingkungan dengan adanya bahan inorganik (contohnya fosfor dan nitrogen), menyebabkan pertumbuhan lumut menjadi berlebih dan menyebabkan lumut tersebut larut dalam air (Spellman, 2003). Adanya lumut dalam air akan menyebabkan kerugian – kerugian. Lumut dapat membuat air menjadi amis, penuh dengan rumput dan menimbulkan bau tertentu. Ketika lumut yang terdapat dalam air merupakan lumut biru-hijau, dapat menyebabkan kematian bagi orang yang meminumnya. Disamping itu lumut bisa digunakan menjadi sesuatu yang lebih berguna ketika telah dipisahkan dari air. Di bidang kesehatan, lumut dapat digunakan sebagai obat, seperti lumut spesies *Marchantia Polymorpha* yang bermanfaat untuk mengobati penyakit hepatitis. Di bidang pertanian, diketahui lumut spesies *Spagnum* jika ditambahkan ke tanah dapat menyerap air dan menjaga kelembaban tanah. Oleh karena itu, perlu diadakan penelitian tentang cara untuk mengolah air berlumut (Cheremisinoff, 2002).

Ada banyak cara yang dapat digunakan untuk memisahkan lumut dari air. Salah satu cara yang bisa dilakukan adalah koagulasi dan flokulasi yang dilanjutkan dengan ultrafiltrasi. Koagulasi dan flokulasi didefinisikan sebagai proses kimia dan fisika dimana bahan yang akan dikoagulasikan dicampur dengan zat koagulan di dalam suatu aliran, sehingga terbentuk flok dan akhirnya dapat disaring (Cheremisinoff, 2002; Spellman, 2003). Flokulasi terjadi setelah koagulasi, berupa pengadukan pelan. Pengadukan pelan bertujuan untuk menyatukan kembali partikel-partikel koloid kemudian mengendapkan atau menyaring partikel koloid (flok tersebut) (Spellman, 2003).

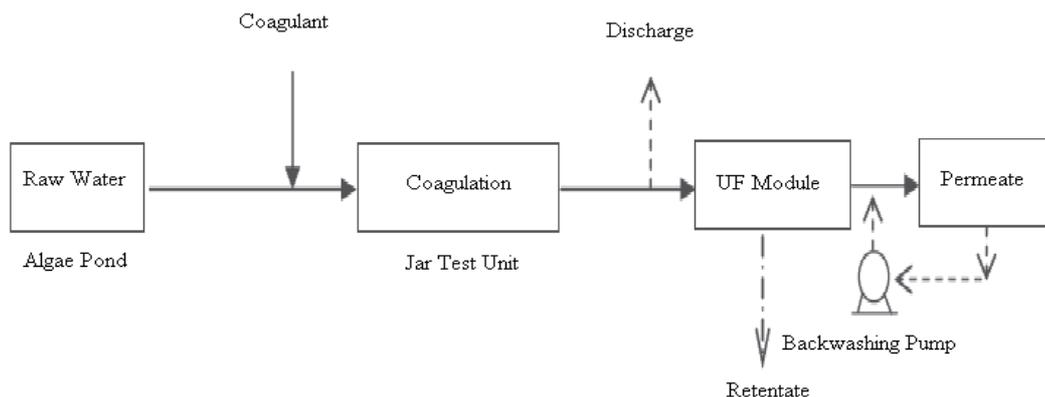
Ultrafiltrasi adalah proses pemisahan dengan membran yang pada dasarnya terletak diantara nanofiltrasi dan mikrofiltrasi. Ukuran pori pada membran ultrafiltrasi adalah $0,05 \mu\text{m} - 1 \text{ Nm}$. UF biasa digunakan untuk memisahkan makromolekul dan koloid dari suatu larutan ataupun material tersuspensi dalam larutan (Mulder, 1991). Dengan mengendapkannya koloid pada proses koagulasi, diharapkan laju fouling yang terjadi pada membran akan berkurang, sehingga penggunaan ultrafiltrasi menjadi layak untuk dilakukan (Heng dkk, 2007).

Koagulan yang digunakan dalam penelitian ini adalah aluminium sulfat ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$) dan *Polyaluminium Chloride*. Dalam penelitian ini, dilakukan variasi jenis, pH, dan dosis koagulan pada proses koagulasi. Parameter yang digunakan dalam mengukur kualitas air bersih sangat banyak, akan tetapi dalam penelitian ini parameter yang digunakan untuk mengukur kualitas air bersih adalah kekeruhan atau turbiditas.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menentukan kondisi operasi optimum dalam proses pengolahan air berlumut dengan koagulan tawas dan PAC (pH dan konsentrasi koagulan) dan untuk mengetahui pengaruh adanya prakulansi koagulasi sebelum proses ultrafiltrasi.

2. Bahan dan Metode Penelitian

Peralatan penelitian disusun seperti pada Gambar 1.



Gambar 1. Rangkaian Alat Penelitian

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah koagulan tawas dan PAC serta sampel air berlumut. Air berlumut yang digunakan sebagai umpan berasal dari kolam pengembangbiakan lumut di Jurusan Teknik Kimia Universitas Diponegoro. Percobaan dilakukan dalam 3 tahap, yaitu: penentuan pH optimum, penentuan dosis koagulan optimum dan proses koagulasi dan ultrafiltrasi pada kondisi optimum (pH dan dosis koagulan optimum).

Pada tahap penentuan pH optimum, dosis koagulan yang digunakan untuk kedua jenis koagulan adalah 100 ppm, dengan pH divariasikan antara 5 – 8. Pada tahap penentuan dosis optimum, digunakan pH netral yang terbukti menghasilkan hasil yang paling baik dengan variasi konsentrasi koagulan 50 – 250 ppm. (Pernitsky, 2003)

Proses koagulasi dan ultrafiltrasi dilakukan dengan menggunakan pH dan dosis koagulan optimum, dengan urutan koagulasi terlebih dahulu dilanjutkan dengan ultrafiltrasi menggunakan membran dengan backwash 10 detik tiap 10 menit selama 4 jam.

Pengadukan untuk semua prosedur penelitian adalah variable tetap, yang terdiri dari pengadukan cepat selama 5 menit dengan kecepatan pengadukan 190 rpm, dilanjutkan dengan pengadukan lambat selama 10 menit dengan kecepatan pengadukan 20 rpm.

Analisa turbidimetri dilakukan pada umpan air berlumut sebelum di koagulasi dan produk koagulasi. Pengukuran turbiditas dilakukan dengan menggunakan turbidimeter *Orbeco-Helligs* dengan satuan standar NTU. Untuk tahap ultrafiltrasi, pengukuran turbiditas pada umpan dan permeat membran dilakukan setiap 30 menit. Selain

itu pada tahap ultrafiltrasi, fluks dicatat setiap saat dengan tujuan dapat dihasilkan karakteristik penurunan fluks membran.

3. Hasil dan Pembahasan

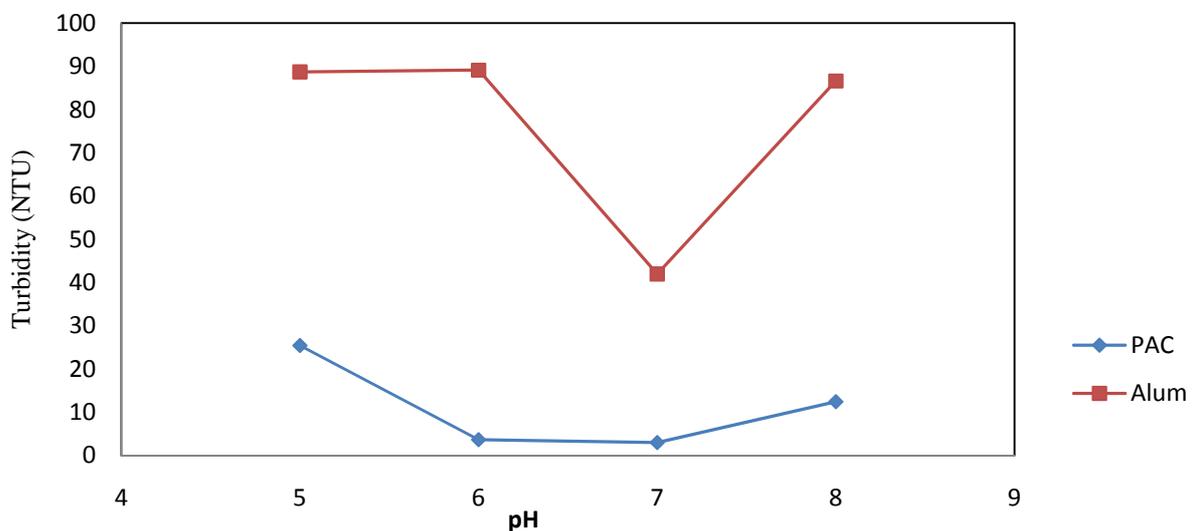
3.1. Karakteristik Umpan

Analisis umpan yang akan diolah dengan proses koagulasi dan ultrafiltrasi dilakukan dengan mengukur kekeruhan (turbiditas) air berlumut sebelum proses koagulasi dilakukan. Pengukuran turbiditas dilakukan dengan menggunakan turbidimeter Orbeco-Helligs dengan satuan standar NTU. Hasil dari pengukuran turbiditas menunjukkan bahwa kekeruhan air berlumut yang digunakan sebagai umpan adalah berkisar antara 75 – 100 NTU.

3.2. Pengaruh pH pada Proses Koagulasi

Pada Gambar 2 dapat dilihat bahwa pH yang paling baik untuk kedua jenis koagulan agar menghasilkan produk dengan turbiditas rendah adalah pada kondisi pH netral. Pada kondisi pH netral, 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). Selain itu menurut Pernitsky (2003), pada pH sekitar 6 – 7 koagulan tawas dan PAC memiliki kelarutan yang lebih rendah dari pH lain. Dimana kelarutan yang rendah tersebut menyebabkan jumlah koagulan yang terkonversi menjadi flok akan lebih maksimal.

Pada data hasil percobaan dapat terlihat bahwa pH mempengaruhi hasil koagulasi karena pada pH yang tidak sesuai, padatan terlarut masih dalam keadaan stabil dan pembentukan flok tidak maksimal. Ketika pH diatur sesuai jenis koagulan akan terjadi destabilisasi muatan padatan terlarut dan proses koagulasi berjalan secara efektif (Klimiuk dkk, 1999). Data penelitian yang diperoleh adalah kondisi pH optimum untuk kedua koagulan adalah 6,5-7,5.

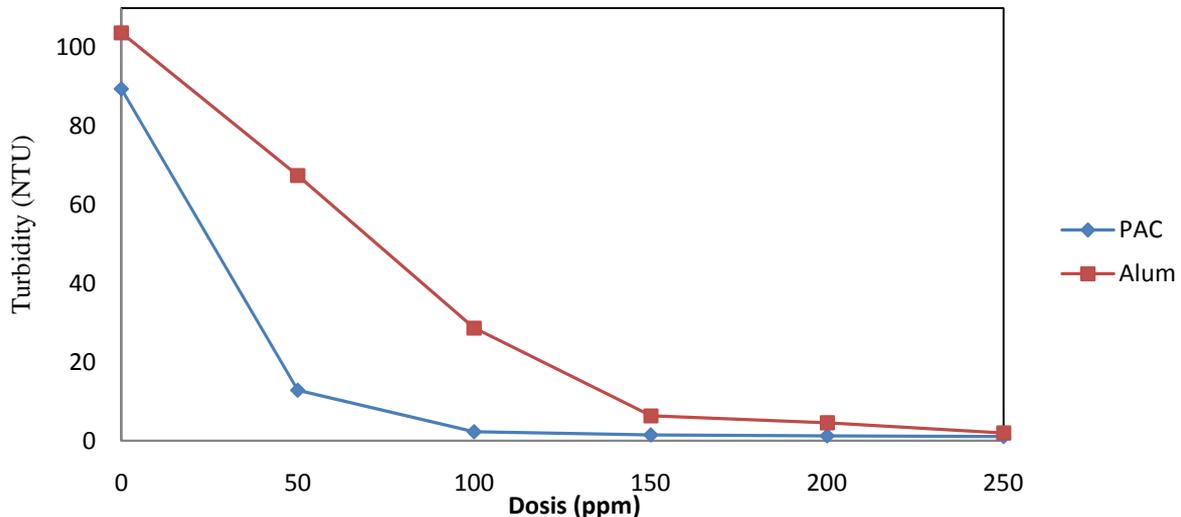


Gambar 2. Pengaruh pH terhadap hasil koagulasi dengan koagulan PAC dan Tawas (konsentrasi 100 ppm)

3.3. Pengaruh Dosis Koagulan pada Proses Koagulasi

Gambar 3 menjelaskan tentang pengaruh dosis koagulan terhadap hasil koagulasi. Pada kedua jenis koagulan, semakin tinggi konsentrasi koagulan, semakin baik proses koagulasi berlangsung. Dengan semakin tingginya dosis koagulan dalam proses koagulasi, maka akan semakin banyak zat yang aktif mendestabilisasikan muatan partikel-partikel koloid lumut yang terlarut. Tidak stabilnya muatan partikel-partikel koloid tersebut menyebabkan partikel yang satu akan berikatan dengan partikel lainnya membentuk flok. Dengan semakin tingginya dosis koagulan, semakin banyak flok yang terbentuk, dan turbiditas air yang dihasilkan akan semakin rendah

(Spellman, 2003). Namun, penambahan dosis koagulan setelah konsentrasi koagulan diatas konsentrasi optimum tidak berpengaruh besar terhadap turbiditas air hasil koagulasi.



Gambar 3. Pengaruh dosis koagulan terhadap hasil koagulasi dengan koagulan PAC dan Tawas (pH 7)

Rentang konsentrasi koagulan PAC optimum adalah antara 50 – 100 ppm, sedangkan tawas adalah 100 – 200 ppm. Hal ini didasari dengan pertimbangan bahwa pada rentang konsentrasi tersebut, flok dapat terbentuk dan mengendap sehingga terjadi penurunan turbiditas yang cukup signifikan dimana air hasil koagulasi memiliki turbiditas yang cukup rendah. Hal tersebut akan mengurangi beban membran ultrafiltrasi pada proses pengolahan selanjutnya. Pertimbangan lainnya adalah berdasarkan pertimbangan ekonomi, jika diaplikasikan pada skala yang besar, konsentrasi yang berlebihan menyebabkan biaya yang dikeluarkan untuk pengolahan air akan terlalu mahal. (Godos dkk, 2010)

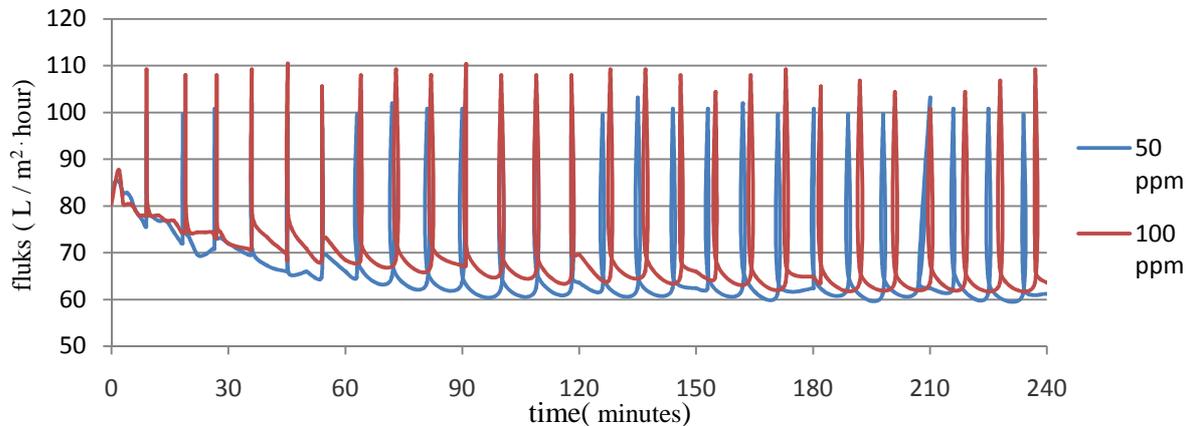
3.4. Karakteristik Penurunan Fluks pada Membran Ultrafiltrasi dengan Menggunakan Umpan Hasil Proses Koagulasi

Gambar 4 dan Gambar 5 menjelaskan tentang karakteristik penurunan fluks pada membran ultrafiltrasi dengan umpan hasil koagulasi dengan tawas dan PAC. Secara umum, dari waktu ke waktu terjadi penurunan fluks. Penurunan fluks ini disebabkan adanya *fouling* pada permukaan membran. *Fouling* diakibatkan oleh adanya partikel-partikel yang tertahan dan menutupi permukaan membran. (Mulder, 1991)

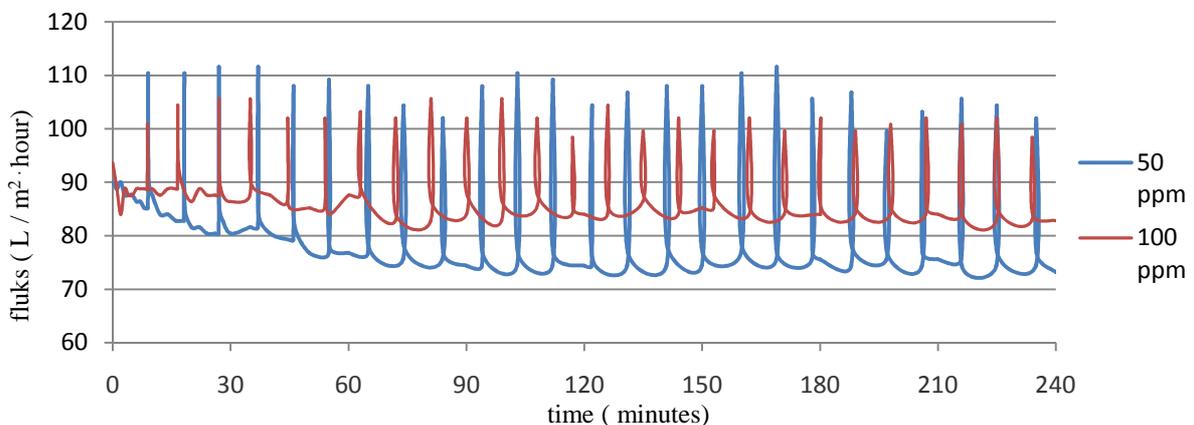
Koagulasi dapat meningkatkan fluks permeat, karena dengan koagulasi, partikel-partikel berukuran koloid yang merupakan penyebab utama *fouling* pada membran akan membentuk flok yang memiliki ukuran partikel yang lebih besar, melebihi ukuran pori membran, sehingga tidak akan mampu memasuki pori membran, mengurangi *fouling* dan akhirnya meningkatkan fluks permeat. Selain itu, pralakuan koagulasi menurunkan beban penyaringan membran yang karena air yang diumpankan lebih jernih, karena sebagian partikel pengotor (berupa flok) telah terendapkan (Liang dkk, 2007; Song dkk, 2007).

Pada penelitian ini, umpan membran ultrafiltrasi yang digunakan adalah hasil koagulasi dengan koagulan tawas dan PAC pada konsentrasi 50 dan 100 ppm (pH 7). Setelah dilakukan proses pemisahan dengan membran ultrafiltrasi, dengan waktu operasi selama 4 jam dan backwash 10 detik tiap 10 menit diperoleh data yaitu, semakin tinggi konsentrasi koagulan akan menaikkan fluks permeat pada proses pemisahan dengan membran. Hal ini dapat dilihat pada Gambar 4 untuk koagulan tawas dan Gambar 5 untuk koagulan PAC. Dari gambar juga dapat dilihat bahwa penggunaan koagulan PAC menghasilkan fluks yang lebih besar dibandingkan dengan penggunaan koagulan tawas pada konsentrasi yang sama.

Fenomena ini menjelaskan bahwa proses koagulasi sebagai perlakuan awal sebelum pemisahan dengan membran berpengaruh pada fluks permeat yang dihasilkan (Choo dkk, 2007; Heng dkk, 2007). Proses koagulasi dengan dosis koagulan yang lebih tinggi menghasilkan umpan membran yang lebih jernih, sehingga akan mengurangi beban membran ultrafiltrasi dalam menyaring air umpan. Namun untuk mencapai proses koagulasi yang efektif dosis koagulan yang digunakan adalah dosis optimum.



Gambar 4. Karakteristik Penurunan Fluks pada Proses Ultrafiltrasi dengan Umpan Hasil Koagulasi Menggunakan Koagulan Tawas (backwash 10 detik tiap 10 menit)



Gambar 5. Karakteristik Penurunan Fluks pada Proses Ultrafiltrasi dengan Umpan Hasil Koagulasi Menggunakan Koagulan PAC (backwash 10 detik tiap 10 menit)

Tingkat kekeruhan (turbiditas) umpan dan permeat yang diukur setiap 30 menit selama operasi 4 jam dapat dilihat pada Tabel 1 sampai dengan Tabel 4. Tingkat kekeruhan permeat yang keluar dari membran relatif sama karena prinsip pemisahan dengan membran adalah berdasarkan ukuran partikel yang mampu melewati pori membran. Permeat yang dihasilkan tidak dipengaruhi oleh tingkat kekeruhan umpan. Umpan dengan tingkat kekeruhan yang berbeda akan mempengaruhi fluks permeat yang dihasilkan (Mulder, 1991). Permeat yang dihasilkan memiliki kualitas yang memenuhi standar tingkat kekeruhan berdasarkan Keputusan Menteri Kesehatan RI No.907/MENKES/SK/VII/2002 yaitu menyatakan bahwa tingkat kekeruhan maksimum yang diperbolehkan untuk air minum adalah 5 NTU.

Tabel 1. Turbiditas Umpan dan Permeat Membran dengan Pralakuan Koagulasi menggunakan Koagulan Tawas 50 ppm

Waktu	Turbiditas Umpan (NTU)	Turbiditas Permeat (NTU)
0	56,5	0,39
30	50,8	0,22
60	41,8	0,37
90	36,3	0,39
120	32,6	0,29
150	29,5	0,44
180	23,1	0,4

Tabel 2. Turbiditas Umpan dan Permeat Membran dengan Pralakuan Koagulasi menggunakan Koagulan Tawas 100 ppm

Waktu	Turbiditas Umpan (NTU)	Turbiditas Permeat (NTU)
0	30,9	0,38
30	26,6	0,47
60	21,7	0,37
90	18,7	0,19
120	14,4	0,2
150	13,9	0,56
180	13,81	0,41



210	21,3	0,32
240	19,6	0,39

Tabel 3. Turbiditas Umpan dan Permeat Membran dengan Pralakuan Koagulasi menggunakan Koagulan PAC 50 ppm

Waktu	Turbiditas Umpan (NTU)	Turbiditas Permeat (NTU)
0	5,27	0,44
30	5,03	0,38
60	4,27	0,49
90	3,31	0,37
120	2,68	0,24
150	2,36	0,31
180	1,91	0,29
210	1,64	0,26
240	1,34	0,18

210	11,45	0,33
240	9,33	0,28

Tabel 4. Turbiditas Umpan dan Permeat Membran dengan Pralakuan Koagulasi menggunakan Koagulan PAC 100 ppm

Waktu	Turbiditas Umpan (NTU)	Turbiditas Permeat (NTU)
0	3,24	0,36
30	2,81	0,42
60	2,3	0,29
90	1,94	0,44
120	1,8	0,4
150	1,36	0,2
180	1,18	0,21
210	1,04	0,25
240	0,98	0,32

4. Kesimpulan

Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa pH optimum untuk proses koagulasi air berlumut dengan koagulan tawas dan PAC adalah 6,5 – 7,5. Konsentrasi koagulan optimum untuk proses koagulasi air berlumut dengan koagulan tawas adalah pada rentang 100 – 200 ppm sedangkan dengan koagulan PAC adalah pada rentang 50 – 100 ppm. Pralakuan koagulasi sebelum proses ultrafiltrasi pada pengolahan air berlumut akan mengurangi beban kerja membran ultrafiltrasi. Pada proses ultrafiltrasi, pralakuan koagulasi dengan koagulan PAC menghasilkan fluks yang lebih besar dibandingkan dengan penggunaan koagulan tawas pada konsentrasi yang sama. Kualitas air yang dihasilkan dari proses ultrafiltrasi relatif sama karena permeat yang dihasilkan tidak dipengaruhi oleh tingkat kekeruhan umpan.

Daftar Pustaka

- Cheremisinoff, Nicholas P. Ph.D., *Handbook of Water and Wastewater Treatment Technologies*, Butterworth-Heinemann, USA, 2002, pp. 42-45, 255-260, 455-462
- Choo, K.H., Sang-June Choi, Eui-Deog Hwang, (2005), "Effect of coagulant types on textile wastewater reclamation in a combined coagulation/ultrafiltration system", *Desalination* 202 (2007), hal 262–270
- Gao, S., Jixian Yang, Jiayu Tian, Fang Ma, Gang Tu, Maon Du, (2009), "Electro-coagulation-flotation process for algae removal", *Journal of Hazardous Materials* 177 (2010), hal 336–343
- Godos, I., Hector O.Guzman, Roberto Soto, Pedro A. Garcia-Encina, Eloy Becares, Raul Munoz, Virginia A.Vargas, (2010), "Coagulation/flocculation-based removal of algal-bacterial biomass from piggery wastewater treatment", *Bioresource Technology* 102 (2011), hal 923–927
- Heng, L., Yang Yanling, Gong Weijia, Li Xing, Li Guibai, (2007), "Effect of pretreatment by permanganate/chlorine on algae fouling control for ultrafiltration (UF) membrane system", *Desalination* 222 (2008), hal 74–80
- Klimiuk, E., U.Filipkowska, A.Korzeniowska, (1999), "Effects of pH and Coagulant Dosage on Effectiveness of Coagulation of Reactive Dyes from Model Wastewater by Polyaluminium Chloride (PAC)", *Polish Journal of Environmental Studies* Vol. 8, No. 2(1999), hal 73-79
- Liang, H., Weijia Gong, Guibai Li, (2007), "Performance evaluation of water treatment ultrafiltration pilot plants treating algae-rich reservoir water", *Desalination* 221 (2008), hal 345–350
- Mulder, Marcel, *Basic Principles of Membrane Technology*, Kluwer Academic Publisher, Netherlands, 1991.
- Pernitsky, D.J., (2003), "Coagulation 101", *Associated Engineering, Calgary, Alberta*, hal 1–15
- Song, K.G., Yuri Kim, Kyu-Hong Ahn, (2007), "Effect of coagulant addition on membrane fouling and nutrient removal in a submerged membrane bioreactor", *Desalination* 221 (2008), hal 467–474
- Spellman, Frank R., *Handbook of Water and Wastewater Treatment Plant Operations*, Lewis Publishers, London, 2003, pp. 329-480.
- Sujudi, Achmad, (2002), "Persyaratan Kualitas Air Minum", *Keputusan Menteri Kesehatan RI No.907/MENKES/SK/VII/2002*.