

PENGOLAHAN AIR GAMBUT/RAWA DENGAN PROSES KOAGULASI MEMBRAN ULTRAFILTRASI

PEAT/SWAMP WATER TREATMENT BY COAGULATION- ULTRAFILTRATION MEMBRANE

Sri Aprilia, Bastian Arifin
Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Unsyiah, Banda Aceh
1)Email:sriaprilialia@yahoo.com

Abstrak

Telah dilakukan penelitian tentang pembuatan arang aktif dari sampah perkotaan dengan pemanasan dan steam. Proses pembuatan arang aktif dimulai dengan pirolisis sampah perkotaan menggunakan reaktor drum pada suhu 500°C selama 5 jam. Selanjutnya, arang yang diperoleh diaktivasi dengan panas dan steam menggunakan *retort* listrik pada suhu 700 dan 800°C, dengan waktu selama 60 dan 120 menit. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kondisi optimum untuk memperoleh produk arang aktif dengan kualitas terbaik diperoleh pada proses aktivasi dengan steam pada suhu 800°C dan waktu aktivasi selama 120 menit. Rendemen arang aktif yang dihasilkan pada perlakuan tersebut, yaitu 57,60% (w/w). Hasil karakterisasinya diperoleh kadar air 1,36% (w/w), kadar zat terbang 8,87% (w/w), kadar abu 12,27% (w/w), kadar karbon terikat 78,86% (w/w), daya serap terhadap benzena 22,51% (w/w) dan daya serap terhadap iodin sebesar 873,53 mg/g. Hasil identifikasi gugus fungsi diketahui arang aktif yang dihasilkan pada semua perlakuan masih mengandung pengotor berupa gugus OH, C=O, dan C-O. Hasil analisis dengan SEM menunjukkan bahwa perlakuan terbaik menghasilkan arang aktif dengan diameter pori rata-rata berkisar 4,8-7,7 µm.

Kata kunci: aktivasi fisika, mutu arang aktif, pirolisis, sampah perkotaan.

Abstract

A research on the manufacture of activated carbon from municipal waste has conducted by heating and steam methods. Production process of activated carbon was begins with the pyrolysis of municipal waste using the drum reactor at a temperature of 500°C for 5 hours. Furthermore, activated carbon obtained by using steam heat and electric retort at 700 and 800°C temperature, and time for 60 and 120 minutes. The results showed that the optimum conditions to obtain activated carbon products with the best quality was available on the activation process with steam at a temperature of 800°C and the activation time for 120 minutes. The yield activated carbon produced in these treatments was 57.60% (w/w). The characterization results obtained water content was 1.36% (w/w), levels of substance was flew 8.87% (w/w), ash content was 12.27% (w/w), levels of carbon bound was 78.86% (w/w), absorption of benzene was 22.51% (w/w) and the iodine absorption was 873.53 mg/g. The results of identification functional group was known that activated carbon is produced in all treatments still contained impurities of OH group, C = O, and CO. The result of analysis by SEM showed that the best treatment to produce activated charcoal with pores diameter ranging on average 4,8-7,7 µm

Keywords: activation of physics, municipal waste, pyrolysis, quality of activated carbon.

1. PENDAHULUAN

Komposisi sampah perkotaan sebagian besar terdiri atas sampah lunak seperti sisa makanan, sayuran, dan kulit buah-buahan, sedangkan sisanya $\pm 20\%$ merupakan sampah padat yang relatif sukar terdekomposisi secara alami, misalnya kayu, bambu, ranting, dan lain-lain. Beberapa jenis sampah padat tersebut hingga saat ini belum ditangani secara serius sehingga menimbulkan masalah yang cukup serius bagi lingkungan hidup. Salah satu teknik penanganan sampah tersebut yang dapat menjadi alternatif solusi yang bermanfaat, yaitu dengan menerapkan teknik pirolisis yang dilengkapi dengan pendingin agar asap yang dihasilkan terkondensasi menjadi asap cair (destilat).

Menurut Sugumaran dan Seshadri (2009), pirolisis merupakan proses pembakaran tidak sempurna bahan yang mengandung karbon (C), misalnya tumbuhan, hewan dan/atau barang tambang sehingga dihasilkan produk berupa arang. Demirbas (2005) menyatakan umumnya proses pirolisis berlangsung pada suhu berkisar $200-400^{\circ}\text{C}$ dalam waktu ± 5 jam dan keadaan ini sangat bergantung pada bahan baku dan cara pembuatannya. Penanganan sampah perkotaan menjadi arang akan memberi banyak manfaat, terutama dalam rangka menekan volume timbunan sampah di berbagai sudut kota. Produk arang yang dihasilkan, selain bermanfaat sebagai sumber energi, juga bermanfaat sebagai *soil conditioning* (Gusmailina *et al.*, 2001). Di samping itu, arang yang dihasilkan dapat ditingkatkan mutunya menjadi arang aktif.

Arang aktif adalah arang yang telah mengalami proses aktivasi sehingga daya serapnya tinggi dengan kadar karbon dan keaktifan yang bervariasi. Menurut Gomez-Serrano *et al.* (2003), permukaan arang masih ditutupi oleh deposit hidrokarbon, sedangkan pada arang aktif permukaannya relatif telah bebas dari deposit dan mampu mengadsorpsi berbagai zat karena permukaannya luas dan pori-porinya telah terbuka. Menurut

Manocha (2003), proses pembuatan arang aktif dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu: aktivasi cara kimia dan cara fisika. Aktivasi arang secara kimia biasanya menggunakan berbagai larutan asam encer, antara lain H_3PO_4 (Mopoung dan Nogklai, 2008), H_2SO_4 (Guo *et al.*, 2007), dan larutan NaOH (Figuerola-Torres *et al.*, 2007), dan KOH (Mopoung, 2008), dan beberapa garam karbonat, seperti Na_2CO_3 (Pujiarti dan Sutapa, 2005), dan K_2CO_3 (Hayashi *et al.*, 2005). Aktivasi arang secara fisika biasanya digunakan uap air (H_2O) (Basumatary *et al.*, 2005) dan gas CO_2 (Maria dan Katarzyna, 2005).

Pemakaian bahan kimia sebagai bahan pengaktif sering kali mengotori permukaan arang aktif yang dihasilkan (Pari, 2004). Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh panas dan/atau steam (uap H_2O), suhu dan waktu aktivasi terhadap rendemen dan mutu arang aktif yang dihasilkan dari sampah perkotaan. Adapun sasaran yang ingin dicapai adalah untuk mencari kondisi optimum pada proses pembuatan arang aktif dari sampah tersebut sehingga diketahui mutunya dengan pembandingan arang aktif teknis berdasarkan SNI-06-3730-1995 (BSN., 1995).

2. METODA

1. Karakterisasi membran
 - a. Pengukuran permeabilitas pelarut

Penentuan L_p dilakukan dengan percobaan permeasi dengan air murni. Fluks diperoleh dari masing-masing tempuhan dialurkan pada tekanan $0,1 \text{ kg/cm}^2$, $0,2 \text{ kg/cm}^2$, dan $0,3 \text{ kg/cm}^2$.

- b. Penentuan MWCO

Percobaan dilakukan dengan permeasi variasi berat molekul larutan dekstran. Tekanan yang digunakan adalah $0,2 \text{ kg/cm}^2$.

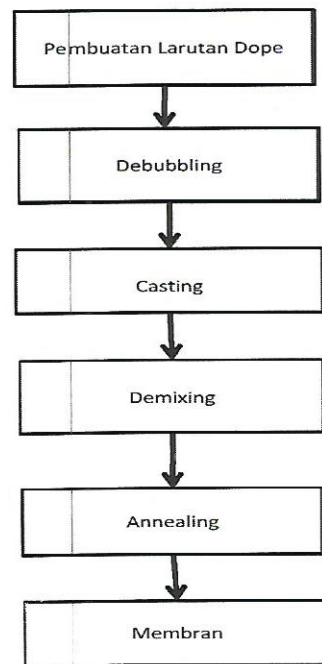
c. Analisa SEM

Morfologi membran dianalisa di Laboratorium Kobe Jepang dengan SEM.

d. Metode Jar-Test

Sebelum dilakukan kinerja membran, air sungai dilakukan koagulasi. Proses yang dilakukan adalah sebagai berikut:

- a. Air sungai dilakukan analisa zat warna dengan membandingkan dengan data kalibrasi zat warna K_2PtCl_6 yang dianalisa dengan spektrofotometer
- b. Kedalam beerglass dimasukkan air sungai dengan variasi pH 6, 7, 8, dan 9.
- c. Masing-masing beerglass dimasukkan 20 ppm tawas, kemudian dilakukan percobaan dengan Jar-test.
- d. Pengadukan dilakukan pada 100 rpm dengan waktu 5 menit.
- e. Kemudian dilanjutkan dengan menggantikan putaran pengaduk 20 rpm dan waktu 15 menit.
- f. Air sungai dalam beerglass diamati, pada pH berapa flokulasi yang banyak terbentuk.
- g. Air sungai yang banyak terbentuk flok kemudian dilakukan variasi koagulan yaitu 20, 30, 40, dan 50 ppm, percobaan dilakukan seperti poin c dan d
- h. Selanjutnya air sungai dengan pH tertentu dan konsentrasi koagulan yang diperoleh dilakukan test zat warna dengan spektrofotometer.
- i. Air sungai ini dilanjutkan dengan penghilangan zat warna menggunakan membran.



Gambar 1. Prosedur Pembuatan Membran Selulosa Asetat

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Koefisien permeabilitas membran selulosa asetat

Permeabilitas suatu membran umumnya dinyatakan sebagai harga fluks (J). Permeabilitas membran adalah kemampuan membran untuk melewatkan air berdasarkan kenaikan tekanan operasi. Koefisien permeabilitas membran selulosa asetat seperti pada Tabel 1.

Tabel 1. Koefisien permeabilitas air untuk berbagai jenis membran

No	Jenis Membran	Lp (m ³ /m ² .jam.bar)
1	M10T30	0,196
2	M10T60	0,191
3	M15T30	0,137
4	M15T60	0,130
5	M20T30	0,128
6	M20T60	0,126

Dari Tabel 1, dengan kenaikan konsentrasi selulosa asetat pada waktu evaporasi pelarut yang sama maka koefisien permeabilitas semakin rendah itu dapat dilihat pada membran M10T30, M15T30 dan M20T30. Begitu juga untuk membran M10T60, M15T60 dan M20T60. Kenaikan konsentrasi polimer dalam larutan cetak menyebabkan konsentrasi polimer pada lapisan antar muka (interface) menjadi lebih tinggi (Mulder, 1991). Peningkatan konsentrasi polimer pada lapisan antar muka menyebabkan fraksi volum polimer meningkat dan menghasilkan membran dengan porositas permukaan menjadi lebih kecil.

Waktu evaporasi pelarut juga mempengaruhi permeabilitas membran. Membran dengan waktu evaporasi 60 detik memberikan permeabilitas rendah dibandingkan dengan membran dengan evaporasi 30 detik. Hal ini disebabkan dengan waktu evaporasi yang lama, polimer dapat menata struktur pori, sehingga pori semakin menyempit sebelum masuk ke dalam bak non pelarut. Sedangkan waktu evaporasi yang singkat menyebabkan pori-pori terbentuk lebih besar, karena pelarut akan pergi dan kedudukannya digantikan oleh non pelarut. Dapat dilihat pada membran dengan konsentrasi yang sama dan waktu evaporasi yang berbeda yaitu, membran M10T30 dan M10T60, membran M15T30 dan M15T60, serta membran M20T30 dan M20T60.

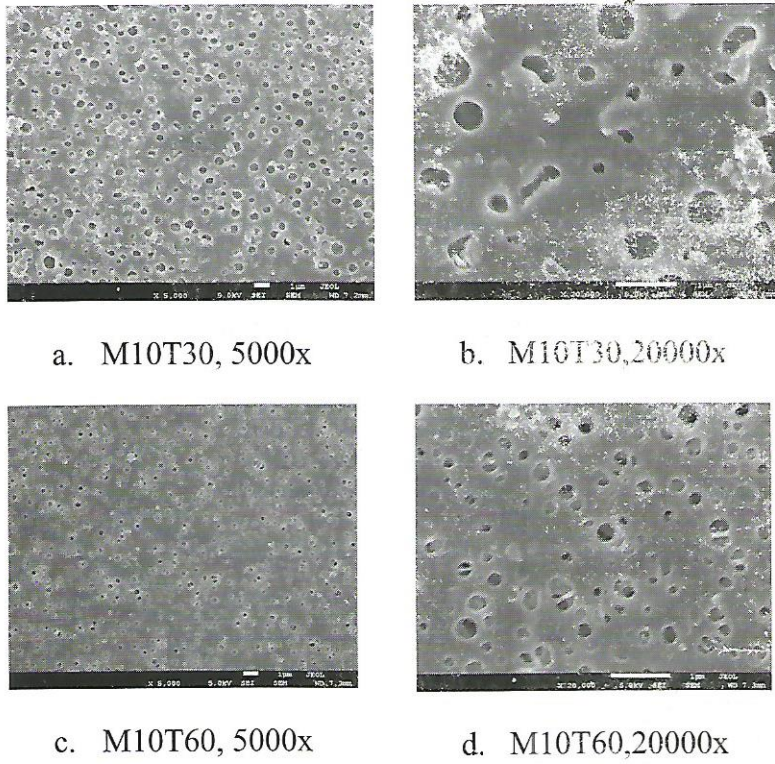
Morfologi membran selulosa asetat

Hasil analisa dengan foto SEM untuk melihat morfologi keenam membran berdasarkan outer surface pada Gambar 2, 3, dan 4,

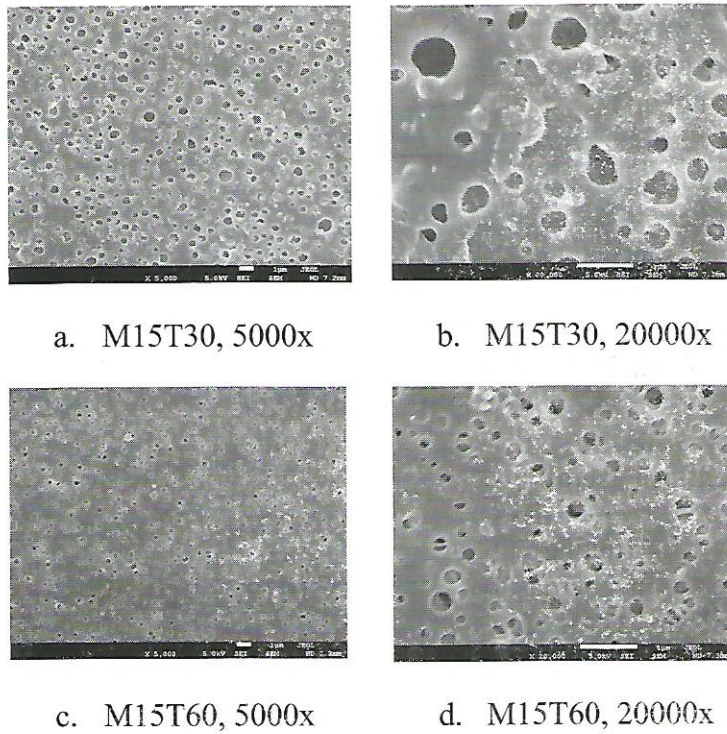
sedangkan morfologi berdasarkan *cross section* pada Gambar 5. Analisa SEM dilakukan pada kondisi permukaan membran. Pada permukaan membran terlihat bahwa distribusi pori merata pada setiap permukaan. Besarnya pori-pori membran yang terbentuk dapat terlihat jelas pada pembesaran 20000x, untuk semua membran. Membran M10T30 mempunyai pori lebih besar dari membran M10T60. Hal ini jelas tergambar bahwa waktu evaporasi lebih lama pori-pori membran lebih kecil, begitu juga terhadap membran M15T30 dan M15T60, serta membran M20T30 dan M20T60.

Membran M10T30, M10T60, M15T30, dan M15T60 masih memberikan struktur pori yang sama, namun pada membran M20T30 dan M20T60 terlihat bahwa konsentrasi membran yang tinggi lebih berpengaruh terhadap struktur membran. Penambahan aditif formamida lebih jelas terlihat pada Gambar 2, 3, 4, dan 5. Struktur pori yang terbentuk pada membran dengan konsentrasi selulosa asetat 20% (Gambar 7, dan 8) mempunyai struktur yang berbeda dengan konsentrasi selulosa asetat 10% dan 15% (Gambar 2, 3, 4 dan 5). Distribusi ukuran pori dengan adanya aditif formamida terbentuk cukup banyak dan hampir homogen keseluruhan permukaan membran.

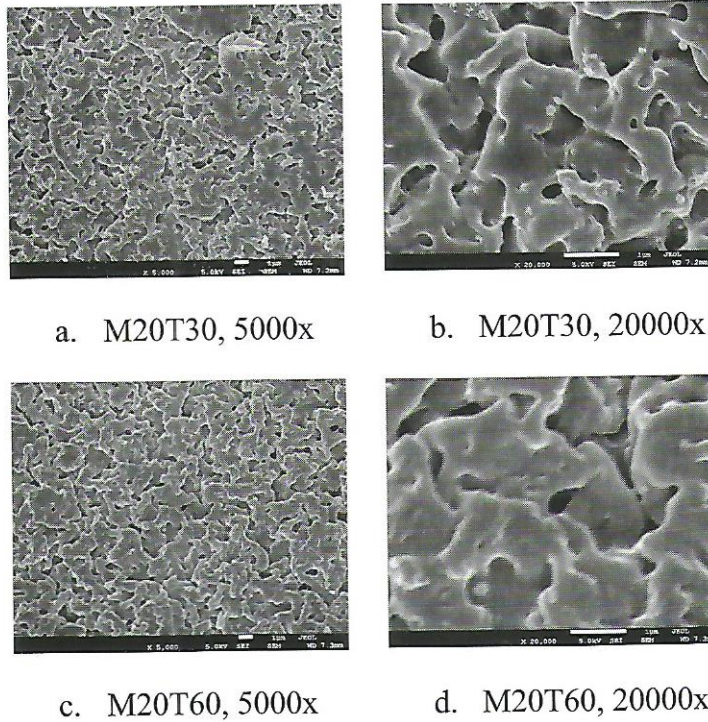
Struktur pori membran dengan struktur pori yang lebih rapat akan memiliki tahanan perpindahan massa yang lebih besar, sehingga permeabilita air menjadi lebih kecil (Tabel 1). Berdasarkan kerapatan membran urutan harga permeabilitas air adalah M10T30 > M10T60 > M15T30 > M15T60 > M20T30 > M20T60.



Gambar 2. SEM struktur outer surface membran M10T30 dan M10T60



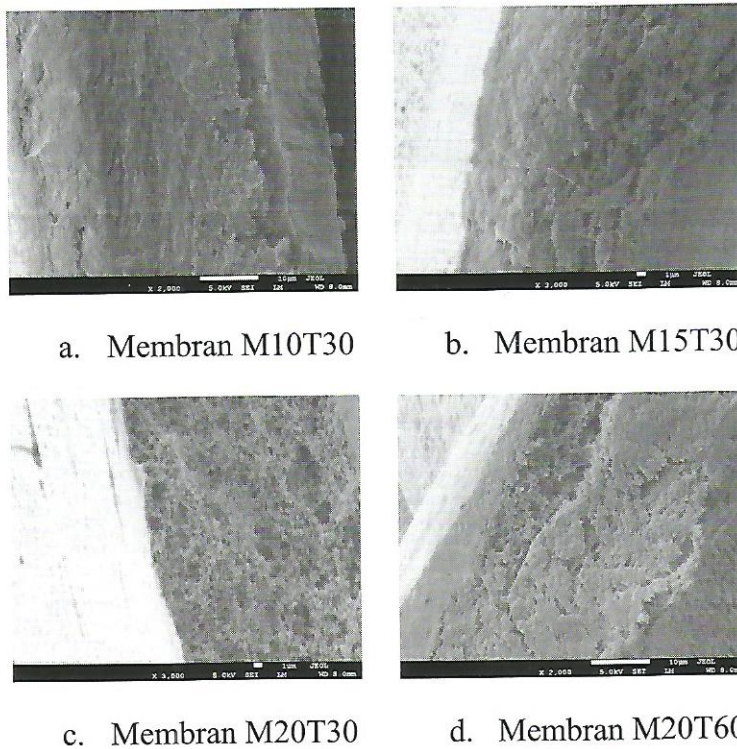
Gambar 3 SEM struktur outer surface membran M15T30 dan M15T60



Gambar 4. SEM struktur outer surface membran M20T30 dan M20T60

Hasil analisa SEM untuk membran selulosa asetat berdasarkan *cross section area* menunjukkan bahwa struktur membran berbentuk seperti sponge (karang), struktur

ini terlihat pada pembesaran 3000x. Permukaan atas lebih dense dan pori-pori terbentuk adalah asimetrik. Hal ini dapat dilihat pada Gambar 5.

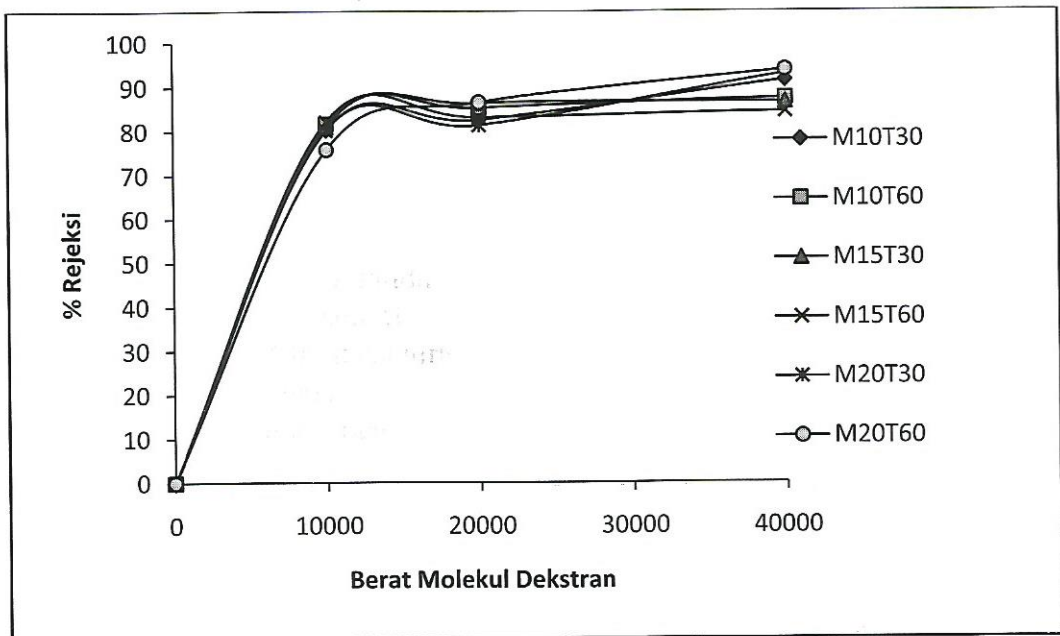


Gambar 5. SEM struktur cross section membran selulosa asetat

Pengukuran Molecular Weight Cut-Off (MWCO) membran selulosa asetat

MWCO membran pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan solut dekstran sebesar 0,05 ppm dengan berat molekul 9500, 19500, dan 39000 Dalton. Hasil percobaan MWCO untuk membran selulosa asetat seperti pada Gambar 6. Nilai MWCO untuk masing-masing membran pada Tabel 2. Harga MWCO untuk membran

dengan kenaikan konsentrasi selulosa asetat memberikan berat molekul dekstran yang dapat ditahan 90% adalah lebih kecil. Untuk membran M10T30, M10T60, M15T30 berat molekul dekstran yang dapat ditahan di atas 90% adalah pada berat molekul di atas 40000 Dalton. Membran M20T60 adalah membran yang dapat menahan 90% solut pada berat molekul 30000 Dalton. Semakin kecil pori-pori membran yang terbentuk maka harga MWCO membran lebih kecil.



Gambar 6. MWCO berbagai jenis membran

Tabel 2. MWCO untuk masing-masing membran

No	Jenis Membran	MWCO
1	M10T30	>40000
2	M10T60	>40000
3	M15T30	>40000
4	M15T60	37000
5	M20T30	35000
5	M20T60	30000

Kondisi Optimum pada Proses Koagulasi

Air sungai Alue Cot Bada memiliki karakteristik sebagai air warna dengan konsentrasi zat warna 103,50 unit, dengan pH berkisar antara 4 – 5. Hasil penelitian menunjukkan bahwa flok terbentuk yang sangat besar setelah proses koagulasi adalah pada air sungai pH 8. Dengan variasi pH antara 6, 7, 8, dan 9 dengan pemberian konsentrasi koagulan ($\text{Al}(\text{OH})_3$) sebesar 20 ppm. Koagulasi optimum akan berlangsung pada pH optimum. Untuk memperoleh kondisi optimum maka dilakukan percobaan dengan jar-test. Selanjutnya dilakukan koagulasi dengan konsentrasi koagulan 20 ppm, 30 ppm, 40 ppm, dan 50 ppm pada air sungai dengan pH 8. Hal ini tujuannya adalah untuk menentukan dosis optimum koagulan untuk memperoleh koagulasi yang baik. Hasil koagulan optimum diperoleh pada konsentrasi 40 ppm.

Air sungai dengan kondisi pH optimum dan koagulan yang optimum dilakukan pengujian penghilangan zat warna dengan menguji kinerja keenam membran selulosa asetat.

Dengan kondisi demikian maka pemisahan yang efisien dan operasional membran ultrafiltrasi dapat ekonomis. Air sungai pada kondisi optimum memiliki karakteristik zat warna dengan konsentrasi 45,7998 unit.

Kinerja Membran dalam Penghilangan Zat Warna pada Air Sungai

Hasil penelitian menunjukkan bahwa membran mampu menyisihkan zat warna lebih besar setelah air sungai dilakukan koagulasi. Keenam jenis membran selulosa asetat dapat menyisihkan zat warna rata-rata 80%, sedangkan tanpa proses koagulasi zat warna dalam air sungai hanya mampu tersisih sekitar 30%. Data penelitian seperti pada Tabel 4. Proses koagulasi sangat membantu dalam mengurangi efisiensi kinerja membran. Karena apabila solut-solut atau zat-zat organik masih banyak terdapat di dalam air sungai, mengakibatkan terjadinya fouling pada membran dan akan mempengaruhi fluks.

Tabel 3. Konsentrasi warna air sungai dengan dan tanpa koagulasi

No	Jenis Membran	Konsentrasi (unit) dengan koagulasi	Konsentrasi (unit) Tanpa koagulasi
1.	M10T30	17,01016	69,08684
2.	M10T60	17,94010	65,48332
3.	M15T30	26,96828	73,89153
4.	M15T60	18,05688	72,96159
5.	M20T30	17,47513	73,11658
6.	M20T60	20,6138	68,97060

Kinerja membran dapat dilihat dari nilai fluks setelah melewati membran. Hasil percobaan seperti pada Tabel 4. Dari tabel tersebut dapat dilihat bahwa air sungai setelah proses koagulasi memiliki fluks yang lebih besar dari nilai fluks air sungai tanpa koagulasi.

Nilai fluks untuk masing-masing membran juga menunjukkan dengan tingginya konsentrasi polimer dan semakin lama waktu evaporasi pelarut menunjukkan fluks juga semakin menurun. Jadi jelas dari analisa SEM bahwa struktur pori sangat berpengaruh pada perolehan nilai fluks.

Tabel 4. Nilai fluks air sungai dengan dan tanpa koagulasi

No	Jenis Membran	Fluks ($\text{cm}^3/\text{cm}^2 \cdot \text{menit}$) dengan koagulasi	Fluks ($\text{cm}^3/\text{cm}^2 \cdot \text{menit}$) tanpa koagulasi
1.	M10T30	143,7996	125,9262
2.	M10T60	112,9273	69,8687
3.	M15T30	99,1161	59,3072
4.	M15T60	86,1173	45,4959
5.	M20T30	78,8054	43,8712
6.	M20T60	36,5592	29,2474

4. KESIMPULAN

Koefisien permeabilitas air (L_p) terbesar diperoleh pada membran M10T30, dan terkecil pada membran M20T60, membran dengan konsentrasi CA 20% mempunyai pori-pori lebih kecil, hal ini juga terlihat pada analisa SEM. Dari analisa SEM, distribusi pori homogen terlihat pada permukaan membran. Struktur pori yang besar terlihat pada waktu evaporasi 30 detik, pada membran dengan konsentrasi yang sama. MWCO membran selulosa asetat dapat menahan 90% solut dekstran dengan berat molekul antara 30000 Dalton dan diatas 40000 Dalton.

Air berwarna yang digunakan diperoleh kondisi optimum pada pH 8 dan pada konsentrasi koagulan 40 ppm. Pada kondisi ini kinerja membran dapat mengurangi zat warna rata-rata 80% untuk semua membran, sedangkan tanpa koagulasi hanya dapat

menyisihkan warna sekitar 30%. Fluks permeat yang diperoleh juga tinggi pada air sungai yang telah dilakukan koagulasi dari pada air sungai tanpa koagulasi. Membran yang baik dari segi fluks yang tinggi diperoleh pada membran M10T30. Namun dari penyisihan warna semua membran menunjukkan hasil yang signifikan.

DAFTAR PUSTAKA

- Fane, A.G. 2000. **Proceeding Workshop on Membrane 2000**, Membrane Technology for Industry and Enviromental Protection IUCR-ITB, Indonesia.
- Farahbakhsh, K. dan Smith, D.W. 2002. **Performance Comparison and Pretreatment Membrane Pilot Plant Treating Low Turbidity Water**,

- Journal Environ . Eng., Scivol.* **21**, pp : 113-122.
- UF Performance**, *Journal Water Research*, **Vol. 34**, No. 4. PP : 1079-1106.
- Mallevalle, J. 1996. **Water Treatment Membrane Process**. Mc. Graw, New York.
- Mulder, M. 1996. **Basic Principles of Membrane Technology**. Kluwer Academic Publishers, Netherlands.
- Yuan, W. dan Zydney, A.L. 1999. **Humic Acid Fouling During Microfiltrasi**, *Journal of Membrane Science*. **Vol: 157**, pp. 1-12.
- Yuasa, A. 1998. **Drinking Water Production By Adsorption-Ultrafiltration**. *Water Research*, **Vol. 37**, 523-530.
- Lin Cheng-Fang, Lin Tze-Yau. 2000. **Effects of Humic Substance Characteristic on**
- S. Rosenberger, U. Kr.ugera, R. Witzigb, W. Manzb, U. Szewzykb, M. Kraumea, 2002, **Performance of a bioreactor with submerged membranes for aerobic treatment of municipal waste water**, *Water Research*, **Vol 36**, 413-420.
- Aprilia, S., 2004, **Membran selulosa asetat untuk penjernihan air sumur secara ultrafiltrasi**, *Proceedings, The second National Conference on Chemical Engineering Science and Application (ChESA)*, ISSN: 1693-3044, hal 169
- Wu, C., Shouhai Zhang, Daling Yang, Ju Wei, Chun Yan, Xigao Jian, 2006, **Preparation, characterization and application in wastewater treatment on a novel thermal stable composite membran**, *Journal of Membrane Science* **276**, 236-2.