

# **Pengaruh Suhu dan Tingkat Keasaman (pH) pada Tahap Pralakuan Koagulasi (Koagulan Aluminium Sulfat) dalam Proses Pengolahan Air Menggunakan Membran Mikrofiltrasi Polipropilen *Hollow Fibre***

**Eva Fathul Karamah dan Adhi Septiyanto**

Departemen Teknik Gas dan Petrokimia, Fakultas Teknik Universitas Indonesia  
Kampus UI Depok 16424, Tel. 7863516, Fax. 7863515  
e-mail: eva@che.ui.edu

## **Abstrak**

*Membran mikrofiltrasi merupakan salah satu metode yang dapat digunakan dalam pengolahan air bersih. Namun teknologi ini rentan terhadap pengotoran/fouling oleh partikel dalam air limbah yang berupa koloid yang mengakibatkan kinerja dan selektivitas dari membran dapat berkurang. Salah satu proses untuk mengurangi laju fouling dalam membran adalah proses koagulasi. Suhu dan pH merupakan salah satu faktor yang dapat mempengaruhi proses koagulasi. Variasi suhu yang dilakukan adalah suhu 30, 40 dan 50°C, sedangkan variasi pHnya adalah 5, 7 dan 9. Hasil menunjukkan bahwa kondisi optimum untuk tahapan koagulasi yang diperoleh adalah pada suhu 40°C dan pH = 5. Dengan bantuan tahapan koagulasi ini maka hasil yang diperoleh dalam proses pengolahan air menggunakan teknologi membran diantaranya fluks permeat tertinggi yang diperoleh mencapai 0,0238 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.Jam dan persen rejeksi untuk TDS sebesar 56,52 % sedangkan persen rejeksi untuk COD sebesar 38,9 %.*

**Kata kunci :** mikrofiltrasi, koagulasi, fouling

## **Abstract**

*Microfiltration membrane are widely used in wastewater treatment. However, it is very susceptible to fouling that is caused by colloid particles in the wastewater. This fouling can affect the performance and selectivity of membrane. To reduce the fouling rate on membrane, pretreatment process is usually used, such as coagulation. Temperature and pH are two factors that affect the coagulation process. Variation of temperature is conducted at 30, 40 and 50 °C, while the variation of pH is at 5, 7 and 9. The result shows that the optimum condition for coagulation process is at 40°C and pH of 5. With this coagulation process, the result of water treatment process using membrane technology reaches the highest performances with value of permeate flux is 0,0238 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.hour and the % Rejection for TDS is 56,52 % and also % Rejection for COD is 38,9%.*

**Keywords:** microfiltration, coagulation, fouling

## **1. Pendahuluan**

Semakin berkembangnya peradaban manusia, menyebabkan pencemaran lingkungan semakin meningkat, termasuk pencemaran air. Air bersih semakin sulit didapat, terutama di wilayah kota-kota besar dan kawasan industri.

Kelangkaan air bersih yang layak digunakan untuk air minum, mendorong para ilmuwan untuk melakukan penelitian, untuk mengolah air yang ada (air danau, air sungai) yang mungkin telah tercemar untuk

menjadi air yang layak untuk digunakan yang memenuhi standar yang telah ditetapkan yaitu ; tidak berbau, tidak berwarna dan tidak berasa serta memenuhi standar baku mutu yang telah ditetapkan.

Metode yang dapat digunakan untuk mengolah air minum sangat beragam, diantaranya adalah filtrasi, koagulasi, sedimentasi, adsorpsi, distilasi, ozonisasi, klorinasi, radiasi ultraviolet dan proses membran.

Salah satu membran yang biasanya digunakan dalam proses pengolahan air minum adalah membran mikrofiltrasi<sup>[2]</sup>, yang mempunyai ukuran pori antara 0,1 – 10  $\mu\text{m}$ . Dengan ukuran tersebut, membran mikrofiltrasi cocok untuk menahan suspensi dan emulsi, juga dapat digunakan untuk memisahkan partikel (bakteri dan ragi). Membran mikrofiltrasi lebih banyak digunakan dalam proses pengolahan air minum karena merupakan membran yang relatif murah baik dari segi biaya investasi maupun dari segi biaya operasinya jika dibandingkan dengan membran jenis lainnya. Selain harga membran mikrofiltrasi yang lebih murah, proses mikrofiltrasi juga membutuhkan tekanan operasi yang lebih kecil (kurang dari 2 bar), sehingga membutuhkan alat pendukung/utilitas yang lebih sedikit. Dengan demikian, biaya operasi lebih rendah karena konsumsi energi yang diperlukan selama proses separasi berlangsung juga relatif kecil.

Kontras dengan kemampuannya memisahkan partikel, mikroba dan bakteri, membran mikrofiltrasi kurang efektif untuk memisahkan pengotor berupa koloid<sup>[1]</sup>. Hal ini dikarenakan oleh sifat koloid yang stabil sehingga susah diendapkan, juga karena ukuran koloid umumnya lebih kecil dari ukuran pori membran mikrofiltrasi, yang dapat menimbulkan masalah *fouling* pada membran. Untuk mengatasi masalah ini maka proses mikrofiltrasi dalam pengolahan air bersih harus dipadukan dengan proses pralakuan yang salah satunya adalah dengan koagulasi-flokkulasi.

Dalam penelitian ini, koagulan yang digunakan adalah aluminium sulfat ( $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$ ). Koagulan tersebut digunakan karena penggunaannya dalam proses pengolahan air minum sudah sangat umum, selain itu mudah diperoleh serta cukup efektif untuk mengendapkan pengotor yang terlarut dalam air<sup>[3]</sup>.

Dalam penelitian ini, dilakukan variasi suhu dan pH pada proses koagulasi. Hal ini karena suhu dan pH, seperti juga dosis koagulan yang digunakan dan waktu pengadukan, merupakan faktor yang mempengaruhi kualitas koagulasi. Variasi ini bertujuan untuk mendapatkan suhu dan

pH yang optimum untuk proses koagulasi, yang akhirnya dapat diaplikasikan untuk meningkatkan kinerja membran dan kualitas air olahan.

Parameter yang digunakan dalam mengukur kualitas air minum sangat beragam, akan tetapi dalam penelitian ini parameter yang digunakan untuk mengukur kualitas air minum adalah TDS (*Total Dissolved Solid*) dan COD (*Chemical Oxygen Demand*).

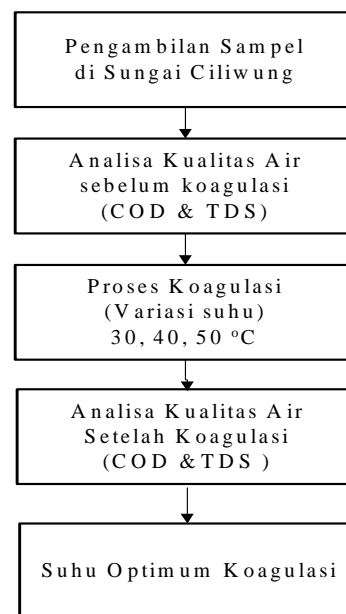
## 2. Penelitian

Dalam penelitian ini ada 3 tahap utama yang dilakukan, yaitu tahap variasi suhu koagulasi, variasi pH umpan dalam tahap koagulasi serta proses pengolahan air dengan membran.

Air umpan yang digunakan dalam penelitian ini adalah air sungai Ciliwung yang mengalir di Cililitan Kecil, Jakarta Timur. Air sungai ini memiliki kandungan TDS sekitar 1000 sampai dengan 2000 mg/L dan COD 30-85 mg/L (di wilayah Cililitan Kecil) sedangkan nilai pHnya adalah sebesar 6,7-7,3.

### 2.1 Variasi Suhu Koagulasi

Diagram alir penelitian tahap ini dapat dilihat pada Gambar 1.



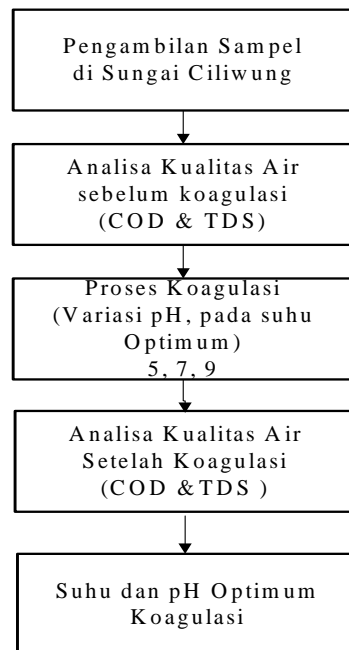
**Gambar 1.** Diagram alir penelitian variasi suhu koagulasi

Sampel air sungai diambil sebanyak 20 L dan dimasukkan ke dalam wadah proses pralakuan, sebagian air sungai tersebut diambil untuk analisa awal TDS dan COD. Air sungai diberi perlakuan koagulasi dan koagulan  $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$  sebanyak 1 gram dan diaduk dengan cepat (120 rpm) selama kurang lebih 2 menit kemudian dengan kecepatan rendah (40 rpm) selama 10 menit<sup>[5]</sup>, pada saat ini variasi suhu dilakukan yaitu dari 30, 40, dan 50 °C.

Air di dalam wadah dibiarkan hingga terjadi pengendapan selama 30 menit. Setelah waktu pengendapan selama 30 menit, sebagian air di wadah yang telah dikoagulasi diambil sebagai sampel untuk analisis COD dan TDS

## 2.2 Variasi pH Umpan Tahap Koagulasi

Pada variasi pH ini, temperatur koagulasi yang digunakan adalah kondisi optimum dari tahapan sebelumnya. Diagram alir penelitian tahap ini dapat dilihat pada Gambar 2.



**Gambar 2.** Diagram Alir Penelitian Variasi Umpan Tahap Koagulasi

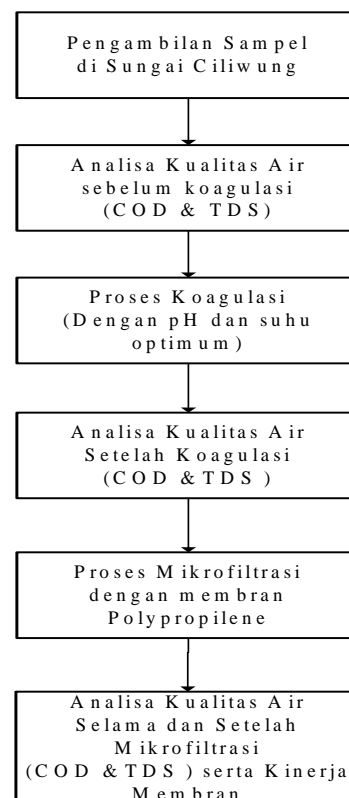
Sampel air sungai diambil sebanyak 20 L dan dimasukkan ke dalam wadah proses pralakuan, sebagian air sungai tersebut diambil untuk analisa awal TDS dan COD.

Air sungai diberi perlakuan pengasaman dan pembasaan dengan menggunakan asam sulfat  $H_2SO_4$  untuk menurunkan pH dan diberi natrium hidroksida NaOH untuk menaikkan pH air (dengan variasi pH adalah 5, 7 dan 9), pada suhu optimum yang telah diperoleh sebelumnya. Prosedur selanjutnya sama dengan sebelumnya.

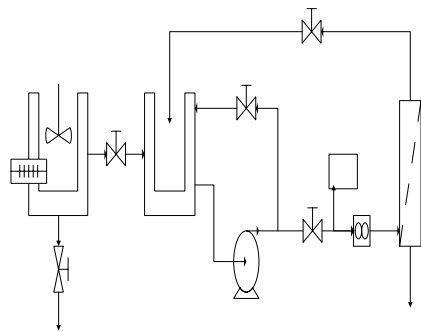
## 2.3. Proses Pengolahan Air dengan Membran

Membran yang digunakan dalam penelitian ini adalah membran polipropilen *Hollow fibre*. Diagram alir penelitiannya dan sekema alat dapat dilihat pada Gambar 3 dan Gambar 4.

Kondisi operasi dari proses membran adalah : tekanan sistem 10 cmHg, jumlah umpan yang digunakan 20 Liter, jumlah membran dalam modul sebanyak 50 buah dengan panjang 52 cm. Data yang diambil dari tahap ini adalah COD dan TDS sebelum dan sesudah koagulasi serta setelah lewat membran, dan volume permeat membran tiap jam



**Gambar 3.** Diagram Alir Penelitian Proses Pengolahan Air dengan Membran.



**Gambar 4.** Skema Alat Pralakuan Koagulasi dan Proses Mikrofiltrasi

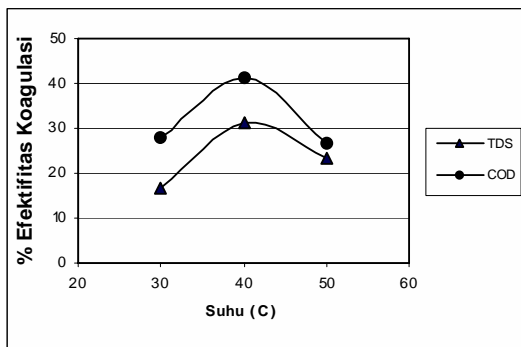
### 3. Hasil Penelitian dan Pembahasan

#### 3.1 Variasi Suhu Koagulasi

Parameter yang digunakan untuk menunjukkan pengaruh suhu terhadap koagulasi adalah efektifitas koagulasinya baik berdasarkan TDS maupun COD. Gambar 5 menunjukkan efektifitas koagulasi untuk variasi suhu.

Berdasarkan Gambar 5, terlihat bahwa baik COD maupun TDS, mempunyai kecenderungan yang sama dalam hal efektifitas koagulasi dengan variasi suhu. Pada kondisi optimum yang diperoleh yaitu pada suhu 40°C, efektifitas koagulasinya mencapai 31.25% untuk TDS dan 41 % untuk COD.

Peningkatan suhu akan meningkatkan kecepatan gerak partikel dalam sistem sehingga semakin banyak tumbukan antar partikel yang dapat terjadi yang akhirnya mempercepat terbentuknya flok.



**Gambar 5.** Efektifitas Koagulasi untuk Variasi Suhu

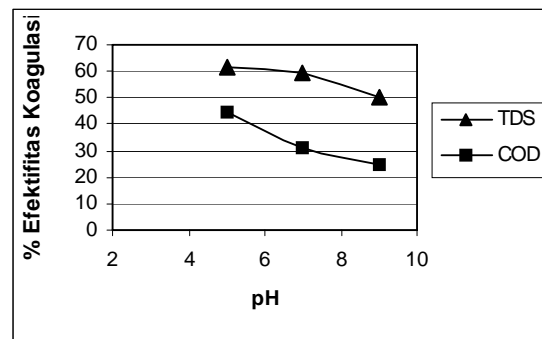
Kenaikan suhu air umpan akan menaikkan kelarutan dari koagulan alum<sup>[4]</sup>, sehingga ion aquometalik lebih cepat terbentuk, dan partikel-partikel koloid lebih cepat ternetralisir membentuk flok seiring dengan kenaikan suhu.

Namun, saat suhu optimum tercapai, peningkatan suhu tidak lagi memperbesar ukuran flok karena kelarutan flok meningkat seiring dengan peningkatan suhu. Sehingga kenaikan suhu akan meningkatkan kadar TDS (menurunkan % efektifitas koagulasi) karena flok-flok yang sudah jenuh tadi akan melarut kembali.

#### 3.2 Variasi pH Umpan Koagulasi

Gambar 6 menunjukkan efektifitas koagulasi untuk variasi pH. Gambar tersebut menunjukkan bahwa baik COD maupun TDS menunjukkan pola yang sama bahwa semakin tinggi pH maka efektifitas koagulasinya akan turun.

pH dapat mempengaruhi kelarutan dari suatu koagulan. Alum memiliki kelarutan yang besar pada rentang pH 5-7<sup>[4]</sup>. Semakin mudah larut suatu koagulan, maka semakin mudah terbentuknya ion aquometalik yang akhirnya semakin cepatnya partikel koloid ternetralisasi membentuk flok. Semakin besar pH, maka kelarutan dari Alum semakin kecil, sehingga ion aquometalik semakin sulit terbentuk, yang akhirnya mengurangi jumlah partikel koloid yang dapat ternetralisasi membentuk flok



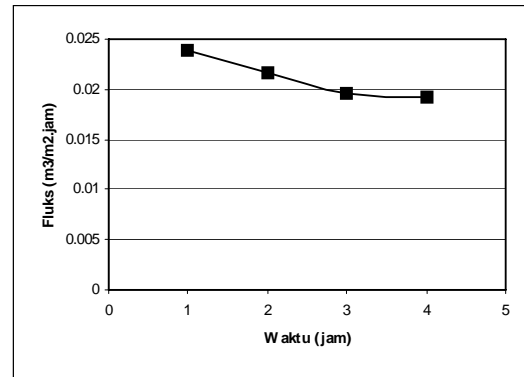
**Gambar 6.** Efektifitas Koagulasi untuk Variasi pH

### 3.3 Proses Pengolahan Air dengan Membran

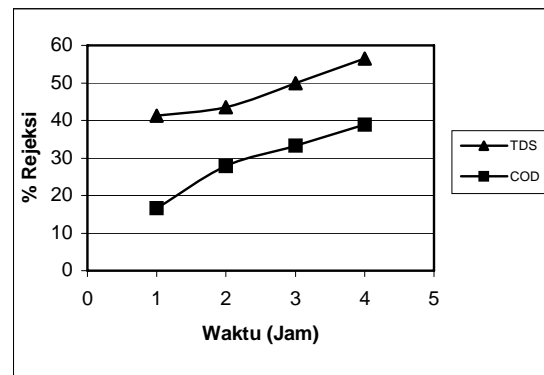
Parameter yang digunakan untuk melihat kinerja dari membran yang digunakan dalam proses pengolahan air adalah fluks permeat dan persen rejeksi.

Gambar 7 menunjukkan fluks permeat diperoleh untuk tiap jam operasi membran. Gambar tersebut menunjukkan bahwa fluks permeat akan menurun seiring dengan bertambahnya waktu. Hal ini dikarenakan semakin lama waktu operasi mikrofiltrasi, semakin banyak pengotoran/fouling yang terjadi pada membran. *Fouling* ini semakin lama akan semakin meningkat, hingga menutupi pori-pori membran, yang membuat kerja membran menjadi semakin berat dan menghasilkan penurunan jumlah permeat yang dihasilkan. Karena fluks permeat berbanding lurus dengan volume permeat pada waktu tertentu, maka penurunan volume permeat menyebabkan turunnya fluks permeat.

Sedangkan untuk persen rejeksi, ditampilkan pada Gambar 8. Dari Gambar 8, terlihat bahwa semakin lama waktu operasi akan meningkatkan % rejeksi TDS dan COD. Hal ini karena seiring dengan waktu, fouling yang terjadi pada permukaan maupun didalam membran juga semakin meningkat, dan membuat semakin banyak *cake* yang terbentuk pada permukaan membran. *Cake* akan berperan sebagai filter tambahan untuk menyaring air sebelum berkontak dengan permukaan membran mikrofiltrasi. Hal ini membuat semakin sulitnya partikel terlarut dan komponen organik untuk menembus membran bersama air, sehingga membuat kadar COD dan TDS pada permeat menjadi berkurang, dan pada akhirnya meningkatkan persen rejeksi terhadap partikel terlarut maupun komponen organik tersebut.



Gambar 7. Fluks Permeat untuk tiap Jam Operasi Membran



Gambar 8. Persen Rejeksi vs Waktu Operasi Membran

### 4. Kesimpulan

1. Semakin besar suhu maka efektifitas koagulasi semakin besar (COD dan TDS), namun jika suhu optimum telah tercapai, penambahan suhu akan menurunkan efektifitas koagulasi.
2. Semakin besar nilai pH umpan, maka semakin kecil nilai efektifitas koagulasinya baik berdasarkan TDS maupun COD.
3. Kondisi optimum untuk tahap pralakuan koagulasi dalam penelitian ini adalah suhu 40°C dan pH umpan 5
4. Pada proses pengolahan air dengan membran, fluks permeat tertinggi yang diperoleh sebesar 0,0238 m³/m².Jam, sedangkan persen rejeksinya mencapai 56,52 % untuk basis TDS serta 38,9% untuk basis COD.

## Daftar Pustaka

1. Mulder, Marcel, "*Basic Principles of Membrane Technology*", Kluwer Academic Publisher, Netherlands, 1997
2. <http://www.google.com/search/polypropylenemembrane.html>
3. Ravina, Louis, "*Coagulation and Flocculation*", Virginia Zeta-Meter, Inc., 1993
4. Pernitsky, David J, "*Coagulation 101*", Associated Engineering, Calgary, Alberta.
5. Lubis, Andrie Oktafauzan, "*Pralakuan Koagulasi dalam Proses Pengolahan Air dengan Membran Polipropilen Hollow Fibre : Pengaruh Waktu Pengadukan Pelan Koagulan Alumunium Sulfat terhadap kinerja Membran*", Skripsi, Program Studi Teknik Kimia, Universitas Indonesia, 2003.

