

# SINTESIS DAN KARAKTERISASI MEMBRAN SILIKA (SiO<sub>2</sub>) UNTUK PENGOLAHAN LIMBAH CAIR HOTEL PENGARUH VARIASI KOMPOSISI

<sup>1</sup>Arief Pratama Avisha, <sup>2</sup>Jhon Armedi Pinem, <sup>2</sup>Fajril Akbar

<sup>1</sup>Mahasiswa Program Studi Teknik Kimia, <sup>2</sup>Dosen Jurusan Teknik Kimia  
Fakultas Teknik, Universitas Riau  
Kampus Binawidya Jl. HR Subrantas Km 12,5 Pekanbaru 28293  
arief.pratama@student.unri.ac.id

## ABSTRACT

*Pollution by domestic waste is not only produced from residential areas nevertheless is also produced by attempt in tourism especially lodging facilities and infrastructure such as hotels. One of the effects is the wastewater that produced by the hotel. The hotel wastewater treatment using membranes by ultrafiltration is an easy and effective way. The fabrication of silica membranes is also assisted by supporting materials that is compound by Polyvinyl Alcohol (PVA) and Polyethylene Glycol (PEG). In this researches the synthesis of silica membranes with variations composition of the silica mass 8, 10, and 12 gram. The aim of this researches is to learn the effect of variations composition of the silica mass on the membranes synthesized towards separation of the BOD<sub>5</sub>, COD, and TSS that contained in hotel wastewater. The deflation level of BOD<sub>5</sub>, COD, and TSS were done by passing hotel wastewater through the silica membranes which is synthesized. The optimum coefficient of silica membranes rejection for deflation level is BOD<sub>5</sub>, COD, and TSS repeatedly are 72,12%; 79,09% and 87,61% along the value of flux that produced is 22,562 L/m<sup>2</sup>.Hour. The getting larger composition of silica membranes, then the measure and tightness of the membranes pore that produced are getting bigger and organized along with the coefficient of rejection (%) will also decrease.*

**Keywords :** *flux and rejection, hotel wastewater, membrane, silica, ultrafiltration.*

## 1. Pendahuluan

Riau adalah salah satu provinsi di Kepulauan Sumatera yang letaknya sangat strategis terhadap negara tetangga maupun provinsi lain yang ada di Pulau Sumatera. Provinsi Riau juga memiliki kekayaan alam yang melimpah. Lokasi yang strategis dan kekayaan alam yang melimpah tentu menarik perhatian para investor dan wisatawan untuk datang mengunjungi provinsi Riau, terlebih lagi provinsi Riau merupakan salah satu sektor wilayah industri yang ada di Kepulauan Sumatera. Wisatawan atau investor yang datang ke Riau dengan berbagai tujuan diantaranya untuk destinasi bisnis maupun kegiatan *travelling* mengunjungi wisata alam ataupun cagar budaya yang ada di provinsi Riau. Salah satu akses jalur masuk bagi para wisatawan atau investor dari berbagai

negara ataupun provinsi lain yang hendak berkunjung ke Riau yaitu melalui kota Pekanbaru.

Pekanbaru merupakan kota di provinsi Riau yang sedang mengalami pertumbuhan di beberapa bidang, terutama dari segi ekonomi, pengembangan, dan perluasan kota. Salah satu bisnis yang berkembang pesat di kota Pekanbaru yaitu bisnis perhotelan dan wisma. Perkembangan jumlah hotel berbintang maupun hotel melati (wisma) sebagai sarana penginapan dan faktor pendukung bidang pariwisata di kota Pekanbaru terus mengalami peningkatan.

Sarana penginapan di Pekanbaru berturut-turut 4 tahun terakhir terus mengalami peningkatan dan perkembangan. Jumlah rata-rata persen peningkatan bisnis perhotelan dan wisma untuk 4 tahun terakhir yaitu 8,52% dan

4,22% [Diayudha, 2017]. Dampak dari kegiatan badan usaha perhotelan dan wisma salah satunya adalah limbah cair yang dihasilkan. Limbah cair yang dihasilkan belum teratasi secara baik dan benar serta langsung dibuang ke lingkungan.

Proses pengolahan limbah cair hotel biasanya membutuhkan lahan yang cukup luas dan pengoperasian yang sulit. Teknologi terbaru pengolahan air limbah yaitu teknologi membran. Perkembangan teknologi membran mengalami kemajuan yang sangat pesat karena memiliki beberapa keunggulan dibandingkan dengan metode pemisahan lainnya. Membran dapat dibuat dari bahan polimer baik organik maupun anorganik [Pinem dkk., 2016]. Material bahan baku pembuatan membran yang mudah didapat dan bervariasi sehingga mudah untuk diadaptasikan pemakaiannya salah satunya adalah silika. Silika dikenal memiliki sifat fisik yang baik. Sifat fisik yang baik terkait dengan sifat pori, kuat mekanis, dan stabilitasnya yang tinggi di alam. Penggunaan silika sebagai bahan membran dapat dikompositkan dengan material-material lain untuk meningkatkan sifat plastisnya. Bentuk komposit yang umum adalah menggabungkan polimer anorganik-organik seperti antara silika dengan Polivinil Alkohol (PVA) dan Polietilen Glikol (PEG) [Sukirno dkk., 2017]. Keunggulan membran ultrafiltrasi yaitu memerlukan energi yang sedikit untuk operasi dan pemeliharaan, kondisi proses pemisahan dapat diatur, dan mudah untuk *discale-up* dari skala laboratorium menjadi skala yang lebih besar.

## **2. Metode Penelitian**

### **2.1 Bahan yang digunakan**

Bahan penelitian yang digunakan pada sintesis membran diantaranya silika murni ( $\text{SiO}_2$ ), 2-propanol atau isopropil alkohol,  $\text{NH}_4\text{Cl}$ , PVA atau polivinil alkohol, PEG 400, semen *portland* putih, aluminium sulfat, gas  $\text{N}_2$ , aluminium foil, limbah cair hotel, kertas saring dan akuades.

### **2.2 Alat yang digunakan**

Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini yaitu *magnetic stirrer*, gelas *beaker* (ukuran 50 ml, 250 ml, 500 ml, dan 1000 ml), gelas piala (ukuran 50 ml dan 250 ml), gelas kimia 2000 ml, statif dan klem, motor pengaduk, *impeller*, *thermometer*, oven, cawan petri, batang pengaduk, neraca analitik, spatula, labu ukur 1000 ml, *stopwatch*, pipet tetes, gelas ukur (dengan ukuran 10 ml dan 100 ml), plat kaca, botol sampel, pisau *casting*, kaca arloji, corong kaca, batang magnet, isolasi hitam, tabung gas  $\text{N}_2$ , alat sel ultrafiltrasi, selang masukan umpan, selang keluaran permeat, pH meter, jerigen ukuran 20 liter, dan mikrometer sekrup.

### **2.3 Prosedur Penelitian**

Penelitian ini melalui beberapa tahapan dalam pengerjaannya yaitu:

#### **2.3.1 Pengambilan dan Identifikasi Sampel Limbah Cair Hotel**

Sampel limbah cair hotel yang dibutuhkan sebanyak  $\pm 12$  liter. Sampel limbah cair hotel sebanyak 100 ml per satu botol sampel (sampel limbah cair hotel sebelum dan sesudah dilakukan pengolahan atau proses filtrasi menggunakan membran) akan dilakukan analisa kadar COD dan  $\text{BOD}_5$  dan TSS di Dinas PU dan Penataan Ruang Unit Pelaksana Teknis Laboratorium Bahan Konstruksi. Parameter lainnya yang akan dilakukan analisa yaitu pH air limbah. Analisa parameter pH untuk air limbah menggunakan pH meter.

#### **2.3.2 Sintesis Membran Silika**

Tahapan awal sintesis membran silika yaitu melakukan proses penimbangan masing-masing variasi komposisi silika yang telah ditentukan yaitu 8, 10, dan 12 gram. Silika yang sudah ditimbang selanjutnya dimasukkan ke dalam gelas *beaker* 500 ml kemudian ditambahkan 35 ml 2-propanol. Campuran tersebut kemudian diaduk menggunakan *magnetic stirrer* dengan kecepatan pengadukan 600 rpm selama 15 menit. Langkah selanjutnya adalah menambahkan  $\text{NH}_4\text{Cl}$  sebanyak 3,5 gram dan akuades sebanyak 300 ml ke dalam campuran silika dan 2-propanol.

Seluruh campuran kemudian diaduk kembali menggunakan *magnetic stirrer* dengan kecepatan pengadukan yang sama yaitu 600 rpm selama 1 jam [Maharani dan Damayanti, 2013].

Tahapan selanjutnya yaitu membuat larutan *casting* membran silika. PVA dan semen *portland putih* masing-masing ditimbang sebanyak 5,4 gram dan dimasukkan ke dalam gelas *beaker* 50 ml. PEG kemudian ditambahkan sebanyak 10,8 ml ke dalam campuran PVA dan semen *portland putih* dan diaduk hingga melarut. Setelah campuran PVA, PEG, dan semen sudah melarut sempurna maka campuran serbuk silika yang telah diaduk selama 1 jam sebelumnya kemudian dimasukkan secara perlahan ke dalam campuran PVA, PEG, dan semen hingga keseluruhan bahan melarut sempurna menggunakan *magnetic stirrer* selama 30 menit dan membentuk larutan *casting* membran silika. Larutan *casting* membran silika yang sudah terbentuk selanjutnya langsung dituangkan ke atas cetakan kaca (cetakan *film* membran) dan didiamkan selama 30 jam. Lapisan *film* membran yang sudah terbentuk selama proses pendiaman 30 jam langsung dikeringkan menggunakan oven pada suhu 70°C selama 1 jam untuk menghilangkan kadar air ataupun pelarut yang masih melekat pada lapisan *film* membran silika [Puspayana dan Damayanti, 2013]. Setelah melalui tahapan pengeringan menggunakan oven, maka terbentuklah membran silika berpori. Membran silika berpori kemudian dipotong sesuai cetakan membran (cetakan kaca) yang telah dibuat untuk selanjutnya digunakan pada tahapan proses pengolahan limbah cair hotel.

### **2.3.3 Pretreatment Limbah Cair Hotel dan Pengolahan Limbah Cair Hotel Menggunakan Membran Silika**

*Pretreatment* limbah cair hotel dengan proses koagulasi-flokulasi dilakukan di dalam gelas kimia 2000 ml yang dilengkapi dengan motor pengaduk lengkap dengan *impeller* dan pH meter. Limbah cair hotel sebanyak 1000 ml

dimasukkan ke dalam gelas kimia 2000 ml. Bahan koagulan aluminium sulfat sebanyak 5 ml dengan konsentrasi 50 ppm ditambahkan ke dalam 1000 ml sampel limbah cair hotel tersebut. Motor pengaduk kemudian dinyalakan dengan kecepatan pengadukan sebesar 200 rpm (pengadukan cepat proses koagulasi) selama 5 menit. Setelah proses koagulasi berlangsung selama 5 menit, maka tahapan selanjutnya yaitu proses flokulasi atau pengadukan lambat selama 15 menit dengan kecepatan pengadukan 60 rpm. Setelah melalui tahapan proses koagulasi-flokulasi maka selanjutnya proses pengendapan selama 30 menit [Pinem dan Sorang, 2012].

Setelah tahapan proses koagulasi-flokulasi sebagai proses *pre-treatment* limbah cair hotel selesai, maka pengolahan limbah cair hotel selanjutnya yaitu menggunakan membran silika yang telah disintesis dengan variasi tekanan 1, 2, dan 3 bar. Pengolahan limbah cair hotel menggunakan membran silika melalui proses ultrafiltrasi sistem *dead-end* dimana aliran umpan tegak lurus terhadap membran.

### **2.3.4 Pengukuran Nilai Fluks dan Rejeksi**

Proses pengukuran nilai fluks dan rejeksi pada pengolahan limbah cair hotel menggunakan membran silika yang digunakan yaitu dengan dimasukkannya membran silika ke dalam alat sel filtrasi. Sebelum membran dimasukkan, membran dipotong sesuai dengan ukuran tempat membran pada alat sel filtrasi dengan diameter membran sebesar 5 cm. Tahapan pertama yaitu dengan mengalirkan air atau akuades pada membran hingga diperoleh volume permeat yang tetap. Volume permeat yang telah tetap atau konstan menandakan pori membran telah stabil dan waktu yang dibutuhkan untuk mendapat volume permeat setiap sekali waktu pengambilan sampel permeat selama 1,5 jam telah terukur.

Tahapan selanjutnya dengan mengalirkan limbah cair hotel yang telah di *treatment* dengan proses koagulasi-

flokulasi sebagai umpan dengan tekanan variasi yang digunakan yaitu 1, 2, dan 3 bar. Pengukuran fluks permeat dilakukan setiap 10 menit sekali selama 1,5 jam untuk setiap variasi tekanan yang digunakan. Pengambilan sampel permeat untuk analisa dihentikan setelah operasi membran mencapai keadaan tunak. Perhitungan nilai rejeksi dilakukan melalui analisa konsentrasi masing-masing permeat pada berbagai variasi tekanan tersebut dan konsentrasi pada umpan [Randi dkk., 2016].

Fluks air,  $J_w$  bagi setiap eksperimen dihitung berdasarkan waktu  $\Delta t$  (jam) yang diperlukan untuk mengumpulkan permeat dengan menggunakan persamaan:

$$J_w = \frac{1}{A} \frac{\Delta V}{\Delta t} \quad [\text{Mulder, 1996}] \dots\dots\dots 2.1$$

dimana A merupakan luas membran efektif,  $\Delta V$  merupakan volume permeat yang dikumpulkan. Grafik fluks terhadap tekanan diplot dan kemiringannya merupakan nilai permeabilitas air bagi membran tersebut [Mulder, 1996]. Eksperimen ini diulangi sebanyak 2 kali.

Selain permeabilitas, nilai permselectivitas atau nilai rejeksi membran juga dihitung. Perhitungan nilai rejeksi pada tekanan operasi 1, 2, dan 3 bar dilakukan analisa konsentrasi masing-masing permeat pada berbagai tekanan tersebut dan konsentrasi pada umpan. Nilai rejeksi membran dapat ditentukan menggunakan persamaan:

$$\% R = \left(1 - \frac{C_p}{C_f}\right) \times 100 \quad [\text{Mulder, 1996}] \dots\dots 2.2$$

$C_p$  = konsentrasi permeat (ppm)

$C_f$  = konsentrasi umpan (ppm)

### 3. Hasil dan Pembahasan

#### 3.1 Analisa Awal Sampel Limbah Cair Hotel

Sampel limbah cair hotel yang akan diolah pada penelitian ini berasal dari salah satu hotel yang ada di Pekanbaru. Sampel limbah cair hotel yang didapat masih belum

memenuhi standar baku mutu kegiatan hotel menurut Kepmen LH Nomor 5 Tahun 2014. Sampel limbah cair hotel yang akan diolah terlebih dahulu dianalisa kadar awal dari parameter COD, BOD<sub>5</sub>, TSS dan pH. Hasil analisa awal limbah cair hotel dapat dilihat pada Tabel 3.1.

**Tabel 3.1** Analisa Awal Sampel Limbah Cair Hotel

No.	Parameter	Satuan	Hasil Uji	Baku Mutu*
1.	COD	mg/L	847	50
2.	BOD <sub>5</sub>	mg/L	328	28
3.	TSS	mg/L	468	50
4.	pH	mg/L	6,1	6-9

\*Baku mutu sesuai Kepmen LH Nomor 5 Tahun 2014

Hasil analisa awal pada Tabel 3.1 masih menunjukkan bahwa limbah cair hotel yang akan diolah untuk masing-masing parameter limbah terbukti melebihi baku mutu limbah cair kegiatan hotel menurut Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2014.

Apabila kadar COD dan BOD<sub>5</sub> tinggi dalam air limbah maka organisme anaerob semakin aktif memecah atau mengoksidasi bahan-bahan organik yang terdapat dalam air limbah. Akibatnya bakteri aerob akan mati karena kekurangan oksigen dan sebaliknya organisme anaerob lebih dominan. Dampak tersebut tentu sangat merugikan ekosistem air dan menurunnya kualitas air. Padatan tersuspensi yang jumlahnya banyak pada air limbah juga dapat menyebabkan kekeruhan pada air. Besarnya padatan tersuspensi akan mengurangi penetrasi sinar matahari dalam air, sehingga dapat mempengaruhi regenerasi oksigen secara fotosintesis [Tarif dkk., 2016].

#### 3.2 Nilai Fluks Membran Silika

Nilai Fluks merupakan jumlah volume permeat yang melewati suatu satuan permukaan luas membran dengan waktu tertentu serta dibantu dengan gaya dorong berupa tekanan operasi. Penentuan nilai fluks merupakan uji permeabilitas untuk mengetahui jenis membran yang dihasilkan. Semakin besar tekanan operasi

maka akan semakin besar fluks yang dihasilkan. Peningkatan fluks tersebut diakibatkan adanya gaya dorong (*driving force*) berupa tekanan pada proses penyaringan. *Driving force* yang diberikan mengakibatkan desakan terhadap molekul limbah cair hotel sehingga volume permeat yang melewati membran per satuan luas per satuan waktu meningkat.

Permeabilitas membran silika dengan umpan limbah cair hotel menghasilkan nilai fluks berkisar antara 22,562-32,038 L/m<sup>2</sup>.Jam. Permeabilitas membran silika yang disintesis menunjukkan sekaligus membuktikan bahwa membran silika tergolong membran dengan proses ultrafiltrasi. Nilai fluks yang dihasilkan sesuai dengan karakteristik struktur membran ultrafiltrasi yang beroperasi pada tekanan antara 1-5 bar dengan Batasan permeabilitasnya adalah 10-50 L/m<sup>2</sup>.Jam [Mulder, 1996]. Sementara, hubungan antara nilai fluks dengan variasi komposisi silika dapat dilihat pada Gambar 3.1.



**Gambar 3.1** Hubungan Nilai Fluks Terhadap Variasi Komposisi Silika

### 3.3 Rejeksi Membran Silika

Hasil analisa permeat membran silika berbagai variasi komposisi silika sekaligus berdasarkan tekanan operasi dapat dilihat pada Tabel 3.2. Hasil permeat membran silika menunjukkan permselektivitas membran silika dalam penyisihan COD, BOD<sub>5</sub>, dan TSS pada limbah cair hotel yang diolah. Rejeksi yang dihasilkan menunjukkan efisiensi kinerja membran.

**Tabel 3.2** Analisa Hasil *Pretreatment* (Koagulasi-Flokulasi) dan Pengolahan Limbah Cair Hotel Menggunakan Membran Silika

No.	Parameter	Satuan	Pretreatment Limbah Cair Hotel	Baku mutu	Permeat								
					Komposisi Silika (gr)								
					8			10			12		
					1 bar	2 bar	3 bar	1 bar	2 bar	3 bar	1 bar	2 bar	3 bar
1.	COD	mg/L	569	50	119	128	139	132	144	166	158	176	182
2.	BOD <sub>5</sub>	mg/L	208	28	58	64	72	68	80	93	82	102	112
3.	TSS	mg/L	226	50	28	34	42	32	45	52	47	54	60

\*Baku mutu mengacu kepada Kepmen Lingkungan Hidup No. 5 Tahun 2014

## 4. Kesimpulan

Membran silika yang disintesis dapat digunakan untuk pengolahan limbah cair hotel. Semakin besar jumlah atau penambahan komposisi silika pada membran, ukuran pori membran yang dihasilkan semakin besar. Nilai fluks membran silika yang dihasilkan yaitu 22,562 L/m<sup>2</sup>.Jam. (%) Rejeksi membran silika terbaik untuk parameter COD, BOD<sub>5</sub>, dan TSS yaitu 79,09 %; 72,12 %; dan 87,61 %.

## Daftar Pustaka

- Diayudha, L. 2017. Peningkatan Pariwisata dan Perhotelan di Provinsi Riau. *Jurnal Manajemen*. Universitas Bunda Mulia. Jakarta.
- Maharani, R.M dan A. Damayanti. 2013. Pengolahan Limbah Cair Rumah Makan Menggunakan Membran Nanofiltrasi Silika Aliran *Cross Flow* untuk Menurunkan Fosfat dan

- Amonium. *Jurnal Teknik Lingkungan*. Institut Teknologi Sepuluh November. Surabaya.
- Mulder, M. 1996. *Basic Principles of Membrane Technology Second Edition*. Dordrecht : Kluwer Academic Publisher.
- Pinem, J.A dan J.A. Sorang. 2012. Penyisihan BOD<sub>5</sub>, COD dan TSS Limbah Cair Tahu dengan Kombinasi Koagulasi-Flokulasi dan Ultrafiltrasi. *Jurnal Teknobiologi*. 3(2): 135-138.
- Pinem, J.A., S. Bahri., E. Saputra., dan S. Anita. 2016. Pengolahan Air Sungai Menggunakan Teknologi Membran : Pengaruh Membran Selulosa Asetat Terhadap Kualitas Air Olahan Sungai Siak. *Prosiding Seminar Nasional "Pelestarian Lingkungan dan Mitigasi Bencana"*. Universitas Riau. Pekanbaru.
- Puspayana, D.R dan A. Damayanti. 2013. Pengolahan Limbah Cair Tahu Menggunakan Membran Nanofiltrasi Silika Aliran *Cross Flow* untuk Menurunkan Kadar Nitrat dan Amonium. *Jurnal Teknik POMITS*. 2(2). ISSN: 2337-3539.
- Randi, M., S. Daud., dan I. Andesgur. 2016. Pengolahan Limbah Cair Hotel Dengan Membran Ultrafiltrasi Aliran *Cross Flow* dan Pencucian Kimia Membran. *JOM Fakultas Teknik*. 3(1). Universitas Riau. Pekanbaru.
- Sukirno, E., A. Shofiyani., dan Nurlina. 2017. Pembuatan Membran Komposit Si/PVA/PEG Berbahan Dasar Silika Batu Padas Singkup untuk Menurunkan Konsentrasi Ion Fosfat Dalam Larutan. *Jurnal Kimia dan Kemasan*. 6(4). ISSN : 2303-107. Universitas Tanjungpura. Pontianak.
- Tarif, E. A., S. Daud., dan M. Reza. 2016. Pengaruh Tekanan Transmembran dan Konsentrasi *Chemical Cleaning Agent (NaOH) Membran Ultrafiltrasi Aliran Cross Flow Pada Pengolahan Limbah Cair Laundry*. *JOM Fakultas Teknik*. 3(2). Universitas Riau. Pekanbaru.