

Pengolahan Limbah *Laundry* Menggunakan Membran Nanofiltrasi Aliran *Cross Flow* untuk Menurunkan Kekeruhan dan Fosfat

Aufiyah dan Alia Damayanti

Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)
Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111 Indonesia
e-mail: Damayantialia@gmail.com

Abstrak—Dilakukan penelitian mengenai pembuatan membran silika nanofiltrasi untuk mengurangi kekeruhan dan fosfat menggunakan reaktor dengan aliran *cross flow* dengan variasi massa silika 5, 8, dan 10 gram. Silika didapatkan dari sintesis pasir silika menggunakan metode *alkali fusion* menggunakan peleburan dengan KOH. Variasi limbah yang digunakan adalah 100% limbah, 50% pengenceran dan 75% pengenceran (25% air limbah) dengan air PDAM. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan pengaruh massa silika terhadap koefisien rejeksi dan nilai fluks pada setiap variasi membran. Data koefisien rejeksi dan nilai fluks menunjukkan variasi membran terbaik yang selanjutnya akan dianalisa morfologinya dengan metode SEM (*Scanning Electron Microscopy*) dan analisa gugus fungsi dengan metode FTIR (*Fourier Transform Infra Red*). Didapatkan koefisien rejeksi terbaik adalah 5 gram 100% limbah dengan nilai rejeksi kekeruhan 91,33%. Rejeksi fosfat 56,07%. Nilai fluks terbaik didapatkan membran 8 gram 25% air limbah dengan nilai fluks 2,81 L/m².jam.

Kata Kunci—Limbah *laundry*, *alkali fusion*, silika, *cross flow*, nanofiltrasi, SEM, FTIR.

I. PENDAHULUAN

INDUSTRI *laundry* semakin bertambah setiap harinya. Sehingga dapat mencemari lingkungan. Oleh karena itu, diperlukan pengolahan yang dilakukan secara kontinyu untuk limbah *laundry* seperti teknologi membran [1].

Jenis membran yang dapat digunakan dalam pengolahan limbah adalah nanofiltrasi [2]. Kelebihan penggunaan teknologi membran ini adalah biaya operasi yang relatif murah, ramah lingkungan, efisiensi ruang, dan mampu memisahkan ukuran sampai ukuran nano [3]. Keunggulan lain dari teknologi membran adalah proses pemisahan dapat berlangsung secara kontinyu [4]. Oleh karena itu teknologi membran dapat diterapkan untuk pengolahan limbah *laundry*.

Membran nanofiltrasi mempunyai ukuran pori 0,001µm yang dapat menyaring limbah dengan kadar organik sangat tinggi [5]. Nanofiltrasi bisa digunakan untuk beberapa jenis pemisahan seperti demineralisasi, penghilangan zat warna, dan desalinasi. Pada larutan yang terdiri suspended solid, dan ion polyvalen, permeat yang dihasilkan mengandung ion monovalen dan berupa larutan organik berat molekul rendah seperti alkohol [6]. Nanofiltrasi dipakai untuk pelunakan air

(*water softening*), removal polutan mikro, seperti pada pengolahan limbah dan air [7].

Pada penelitian sebelumnya, dilakukan desalinasi air laut menggunakan teknologi membran berbahan dasar silika sekam padi dengan reaktor *dead end* [8]. Sedangkan pada penelitian ini adalah pengolahan limbah *laundry* dengan bahan dasar pasir silika. Silika merupakan salah satu bahan yang paling menarik untuk membran anorganik karena struktur silika stabil dalam rentang temperatur yang luas hingga 1000°C [9].

Pasir silika dinilai lebih efektif daripada sekam padi karena hasil silikon yang diperoleh dari proses sintesis lebih banyak daripada menggunakan silika dari sekam padi dari penelitian sebelumnya, sehingga lebih menghemat waktu. Selain itu, pada penelitian ini reaktor yang digunakan adalah reaktor dengan aliran *cross flow* (aliran silang). Reaktor dengan aliran dinilai lebih baik dari pada aliran *dead end* untuk memperlambat terjadinya fouling. Penelitian mengenai membran sangat dibutuhkan di Indonesia, mengingat biaya impor membran beserta modul dan sistemnya relatif mahal.

II. URAIAN PENELITIAN

A. Sintesis Silika

Sintesis silika dilakukan dengan melebur pasir silika dan KOH dengan perbandingan 12 : 88 % wt selama 4 jam pada suhu 360°C. Hasil leburan tersebut menghasilkan potassium silikat yang kemudian dilarutkan dalam aquades serta diendapkan selama 24 jam. Setelah endapan dibuang, larutan dititrasi dengan HCl 37% sampai terbentuk gel putih (Si(OH)₄). Kemudian gel putih dicuci dengan aquades sampai warna kuning hilang dan endapan gel putih menjadi bersih. Selanjutnya endapan gel putih dioven pada suhu 105°C sampai benar-benar kering. Langkah selanjutnya adalah menggerus silika hasil sintesis dengan mortar sampai halus dan ukurannya seragam.

B. Pembuatan Membran

Tahapan pembuatan membran dibagi menjadi 2, yaitu pembuatan larutan membran dan tahap pencetakan membran. Langkah pertama dalam pembuatan larutan membran adalah dengan menimbang silika sesuai yang akan digunakan yaitu 5, 8, dan 10 gram. Kemudian ditambahkan 35 mL 2-propanol dan disentrifuge selama 10 menit. Setelah itu endapannya diambil

dan dicampurkan ke dalam 3,5 gram NH_4Cl yang telah dilarutkan ke dalam 300 mL aquades. Campuran tersebut kemudian diaduk dengan *magnetik stirrer* selama 1 jam dengan kecepatan 600 rpm. Selanjutnya endapan berwarna putih tersebut diambil dan digunakan dalam pencetakan membran.

Pencetakan membran dilakukan dengan mencampurkan larutan membran dengan 3,4 gram PVA (*Poly Vinyl Alcohol*), 3,4 gram semen putih, 5 mL PEG (*Poly Ethylen Glycol*) serta 35 mL aquades. Bahan-bahan tersebut kemudian dipanaskan menggunakan panci yang diisi dengan air sampai larutan mengental dan tercampur sempurna. Setelah itu larutan dicetak dengan cawan petri dan dibiarkan sampai 30 jam. Langkah terakhir adalah mengoven membran pada suhu 70°C selama 1 jam.

C. Pengoperasian reaktor dengan aliran *cross flow*

Variasi konsentrasi air limbah yang digunakan dalam penelitian adalah 100% air limbah, 50% air limbah 50% air PDAM dan 25% air limbah dicampur dengan 75% air PDAM. Membran yang akan digunakan untuk pengujian dipotong dengan bentuk lingkaran dengan diameter $\pm 4,3\text{cm}$ dan diletakkan di dalam reaktor *cross flow*. Berikutnya air limbah *laundry* dialirkan ke dalam reaktor. Aliran *cross flow* merupakan 2 aliran yang saling silang. Membran yang sudah dicetak dipotong dipasang hampir sejajar dengan aliran pada reaktor. Kemudian 10 L air limbah diisikan pada wadah. Proses dari reaktor tersebut, awalnya air limbah dari wadah dipompa menuju ke membran. kemudian tekanan ditambahkan dengan menutup valve dengan perlahan sampai tekanan pada pressure gauge menunjukkan angka 2 atm.

Tekanan diperbesar dengan memperkecil permukaan pada pipa yang dilewati air limbah dengan cara memutar valve. Maka tekanan sebelum membran lebih besar dari pada tekanan setelah membran, sehingga air limbah akan mengalir ke bawah menembus membran dan aliran yang lain melewati membran sehingga polutan yang tidak tersaring mengalir menjadi konsentrat dan kembali ke bak awal penampung limbah. Pengujian membran dalam reaktor dilakukan selama 1 jam 20 menit untuk setiap variasi dan permeat diambil setiap 20 menit selama 20 detik.

D. Pengujian Struktur dan Analisa Morfologi

Pengujian struktur membran dilakukan dengan spektrofotometri FTIR. Sampel yang dianalisis dibentuk menjadi serbuk dan dihubungkan dalam KBr. Hasil dari analisa ini berupa grafik dan tabel yang menunjukkan adanya gugus fungsi pada masing-masing gelombang peak. Satuan dari bilangan gelombang yaitu cm^{-1} .

Analisa Morfologi dilakukan dengan metode SEM. Membran kering dibekukan dengan Nitrogen cair, kemudian dipatahkan dan ditempelkan pada holder. Membran dilapisi emas lalu dimasukkan ke dalam *chamber*. Kemudian dilakukan pemotretan terhadap permukaan membran. Morfologi membran ditemukan pada perbesaran tertentu. Uji struktur dan analisa morfologi dilakukan sebanyak dua kali yaitu membran yang memiliki kinerja terbaik pada saat sebelum dan sesudah digunakan untuk menyaring air limbah *laundry* di laboratorium energi ITS.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pengaruh Berat Silika dan Pengenceran Air Limbah Terhadap Penyisihan Kekeruhan

Permeat yang dihasilkan dalam pengujian membran dengan reaktor *cross flow* kemudian diuji kekeruhannya menggunakan alat turbidimeter dalam satuan NTU. Berdasarkan analisa awal dapat diketahui bahwa pengenceran 100 % dalam pembahasan diwakili dengan kekeruhan 106,5 NTU, pengenceran 50 % diwakili kekeruhan 52,8 NTU dan pengenceran 25 % diwakili oleh 31,28 NTU. Dari konsentrasi awal dan konsentrasi permeat dapat diketahui koefisien rejeksi dari kekeruhan. Menurut Mulder (1996) koefisien rejeksi dihitung dengan rumus:

$$R\% = \left(1 - \left(\frac{C_p}{C_f} \right) \right) \times 100$$

Keterangan :

R = Koefisien rejeksi (%)

C_p = Konsentrasi zat terlarut dalam permeat

C_f = Konsentrasi zat terlarut dalam umpan.

Berikut adalah data-data yang dihasilkan dari setiap variasi limbah dan membran. Untuk limbah dengan kekeruhan 106,5 NTU diberikan dalam Tabel 1.

Dari Tabel 1 terlihat bahwa nilai koefisien rejeksi yang paling besar untuk membran 5 gram adalah 91,33%, sedangkan membran 8 gram nilai koefisien rejeksi terbesarnya adalah 88,21 %. Sehingga dalam variasi ini membran 5 gram mampu merejeksi kekeruhan lebih besar daripada membran 8 gram. Hal ini dikarenakan massa campuran PVA dapat mempengaruhi pori-pori. Koefisien rejeksi terbaik diperoleh apabila massa campuran PVA yang ditambahkan pada campuran dalam keadaan optimum [10]. Apabila kurang ataupun melebihi massa optimum maka proses rejeksi juga akan berlangsung kurang maksimal. Oleh karena itu campuran massa silika dan PVA pada membran 5 gram lebih optimum.

Penelitian dengan konsentrasi 52,8 NTU, koefisien rejeksi kekeruhan terbesar yaitu 80,73% pada membran 5 gram. Pada menit 20 nilai koefisien rejeksi masing-masing membran adalah 70,04% untuk 5 gram dan 68,72% untuk membran 8 gram. Nilai tersebut terus meningkat sampai menit ke 80. Selain karena campuran membran 5 gram lebih optimum, meningkatnya koefisien rejeksi disebabkan karena terjadinya fouling. Menurut Mulder (1996) fouling membran disebabkan adanya adsorpsi, presipitasi, penyumbatan pori-pori membran. Pengujian reaktor menggunakan konsentrasi limbah 31,3 NTU menghasilkan kekeruhan tertinggi pada membran 5 gram pada menit ke-80 dengan nilai 66,21%. Dibandingkan kekeruhan 106,5 NTU dan kekeruhan 52,8 NTU, nilai rejeksi pada variasi ini tergolong paling kecil. Hal ini dikarenakan semakin banyak pengenceran, akan memperlambat fouling karena partikel yang tertahan juga lebih sedikit. Sehingga koefisien rejeksi juga lebih kecil. Pengenceran pada operasi membran bertujuan untuk mengurangi kinerja membran karena partikel tertahan sedikit-demi sedikit sehingga fouling terjadi tidak secepat tanpa pengenceran [11].

Tabel 1

Data koefisien rejeksi pengujian membran dengan kekeruhan 106,5 ntu

Membran	Menit ke	Konsentrasi awal kekeruhan (NTU)	Konsentrasi permeat (NTU)	Koefisien rejeksi
5	20	106,50	16,38	84,62%
	40	106,50	14,33	86,54%
	60	106,50	10,25	90,38%
	80	106,50	9,23	91,33%
8	20	106,50	17,65	83,43%
	40	106,50	16,77	84,25%
	60	106,50	13,44	87,38%
	80	106,50	12,56	88,21%

Sumber : Hasil penelitian

Tabel 2

Data koefisien rejeksi pengujian membran dengan fosfat 4,94 mg/l :

Membran	Menit ke	Konsentrasi awal Fosfat (mg/l)	Konsentrasi permeat (mg/l)	Koefisien rejeksi
5	20	4,94	2,37	52,13%
	40	4,94	2,26	54,25%
	60	4,94	2,19	55,67%
	80	4,94	2,17	56,07%
8	20	4,94	2,40	51,42%
	40	4,94	2,32	53,04%
	60	4,94	2,28	53,85%
	80	4,94	2,19	55,67%

Sumber : Hasil perhitungan

B. Pengaruh Berat Silika dan Pengenceran Air Limbah Terhadap Penyisihan Fosfat

Berdasarkan analisa awal dapat diketahui bahwa pengenceran 100 % dalam pembahasan diwakili dengan konsentrasi fosfat 4,94 mg/l, pengenceran 50 % diwakili konsentrasi fosfat 2,46 mg/l dan pengenceran 25 % diwakili oleh konsentrasi fosfat 1,32 mg/l. Tabel 2 menunjukkan koefisien rejeksi fosfat untuk konsentrasi 4,94 mg/l .

Pada Tabel 2 terlihat bahwa koefisien rejeksi fosfat yang dihasilkan pada menit ke 20 adalah 52,13% untuk membran dengan massa silika 5 gram, dan 51,42% untuk membran dengan massa silika 8 gram. Nilai tersebut terus meningkat sampai pada menit ke 80 . nilai tertinggi terdapat pada membran 5 gram yaitu 58,10%. Membran nanofiltrasi mempunyai koefisien rejeksi yang besar terhadap ion fosfat [12]. Koefisien rejeksi nanofiltrasi juga dapat dipengaruhi oleh tekanan, pH dan kekuatan ion.

Selanjutnya untuk koefisien rejeksi terbaik pada limbah dengan fosfat 2,46 mg/l adalah 42,28% pada membran 5 gram menit ke-80. Pada penelitian ini dihasilkan koefisien rejeksi pada menit ke 20 yaitu 37,40% untuk membran dengan massa silika 5 gram dan 23,25% untuk membran dengan massa silika 8 gram. Nilai tersebut terus meningkat seiring dengan bertambahnya waktu pengoperasian. Kecilnya koefisien rejeksi diawal dikarenakan membran masih bersih dan belum dikotori oleh zat-zat yang terkandung dalam limbah. Ketika permukaan membran sudah terkotori pori membran semakin menyempit dan semakin lama akan membentuk cake, ketika terbentuk cake maka zat terlarut juga akan tertahan yang menyebabkan koefisien rejeksi naik [13].

Uji kinerja membran dengan konsentrasi fosfat 1,32 mg/l menghasilkan nilai koefisien rejeksi terbaik 48,29 % yang terjadi pada menit ke-80 pada membran dengan massa silika 5 gram. Pada menit ke-20 membran dengan massa silika 5 gram menghasilkan koefisien rejeksi 42,74 % kemudian pada menit ke-40, 60, dan 80 adalah 45,25 %, 46,77 % dan 48,29 %. Kenaikan nilai koefisien rejeksi dikarenakan terdapat fosfat yang menempel pada permukaan membran sehingga menyebabkan zat terlarut sulit untuk menembus membran [14].

Dari data koefisien rejeksi setiap variasi membran dapat diketahui bahwa membran terbaik yang dapat merejeksi kekeruhan dan fosfat terbesar yaitu 5 gram 4,94 mg/l dilihat dari nilai koefisien rejeksi. Membran dengan massa silika 10 gram tidak dicantumkan pada tabel dan grafik dikarenakan dalam beberapa kali pembuatan, membran tersebut mengalami keretakan sehingga mudah pecah. Pada saat pencetakan membran, polimer pembentuk membran seperti PVA sangat mempengaruhi kualitas membran. Retaknya membran 10 gram dikarenakan kurangnya komposisi terhadap bahan-bahan pembentuk membran seperti PVA. Hal ini memperkuat alasan yang menyatakan bahwa membran 5 gram merupakan komposisi optimal dari campuran 5 gram massa silika dan 3,4 gram PVA. Penambahan PVA sangat mempengaruhi pori-pori membran. Sehingga campuran yang optimum antara PVA dan massa silika menghasilkan rejeksi terbesar pada saat pengoperasian reaktor [1].

C. Pengaruh Berat Silika Dan Pengenceran Air Limbah Terhadap Nilai Fluks Membran

Definisi nilai fluks adalah jumlah volume permeat yang menembus membran per satuan luas permukaan membran per satuan waktu. Menurut Mulder (1996) rumus yang digunakan dalam perhitungan fluks adalah :

$$J = \frac{V}{(A \times t)}$$

Keterangan :

J = Fluks (L/m².jam)

V = Volume permeat (L)

A = Luas permukaan membran (m²)

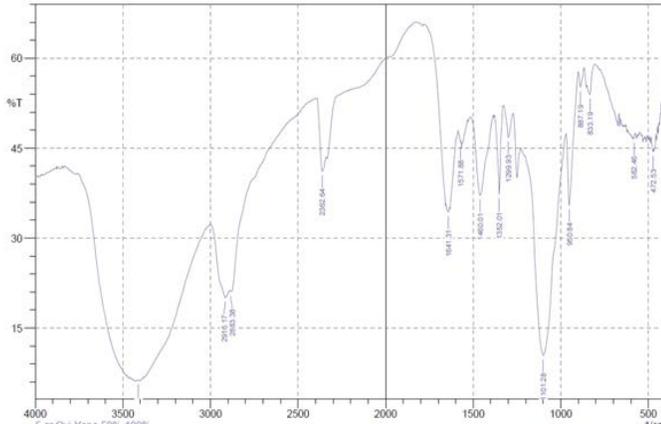
t = Waktu (jam)

Pengujian kinerja membran dengan 100 % limbah pada membran dengan massa silika 8 gram menghasilkan nilai fluks menit ke-20 adalah 2,42 (L/m².jam) dan terus menurun sampai menit ke-80 yaitu 1,56 (L/m².jam). Nilai fluks terbaik terjadi pada menit 20 membran 8 gram dengan nilai 2,50 (L/m².jam). Fluks terbaik pada menit ke 20 dikarenakan pada menit tersebut pengoperasian reaktor baru dimulai, sehingga tidak terlalu banyak pengotor yang memenuhi permukaan membran hal ini membuat permeat yang menembus membran lebih banyak dari pada menit-menit setelahnya. Fouling yang terjadi pada nanofiltrasi yaitu partikel pada permukaan membran menyumbat pori membran. Hal tersebut mengakibatkan kinerja membran memburuk (mengurangi nilai fluks). Terdapat 2 cara mengatasi fouling pada membran, yaitu melakukan pretreatment, contohnya seperti pengendapan. Cara yang kedua adalah pencucian dengan menggunakan bahan kimia. Cara ke dua terbukti dapat memulihkan nilai fluks pada membran nanofiltrasi [15].

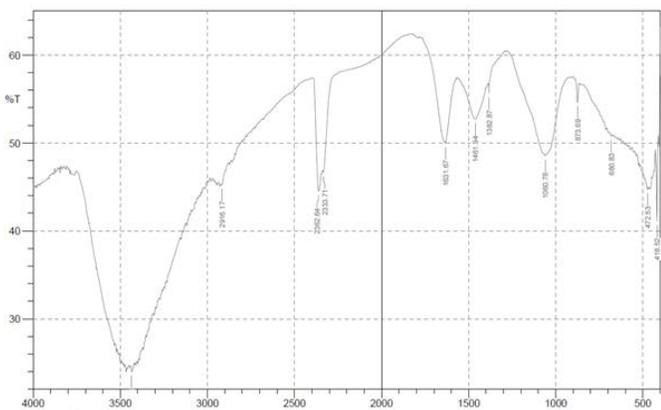
Tabel 3
Data nilai fluks 25 % limbah

Menit ke	5 gr		8 gr	
	Volum (L)	Fluks (L/m ² .jam)	Volum (L)	Fluks (L/m ² .jam)
20	1,7	2,65	1,8	2,81
40	1,3	2,03	1,6	2,50
60	1,15	1,79	1,3	2,03
80	1,05	1,64	1,1	1,72

Sumber : Hasil perhitungan



Gambar 1. Spektra FTIR membran sebelum dipakai



Gambar 2. Spektra FTIR membran setelah dipakai

Pada pengujian kinerja membran dengan 50 % limbah pada membran dengan massa silika 5 gram menghasilkan nilai fluks pada menit ke-20 adalah 2,5 (L/m².jam), menit ke-40, 60, dan 80 menghasilkan nilai fluks 2,18 (L/m².jam), 1,87 (L/m².jam), 1,79 (L/m².jam). pada membran dengan massa silika 8 gram Nilai fluks tertinggi pada menit ke-20 yaitu 2,73 (L/m².jam). Dengan Nilai fluks yang dihasilkan dapat diperkirakan waktu fouling membran. Dengan meningkatnya waktu operasi maka fluks yang dihasilkan akan semakin sedikit [14]. Hasil perhitungan nilai fluks untuk 25 % air limbah ditunjukkan dalam Tabel 3.

Nilai fluks yang besar dipengaruhi oleh konsentrasi pembentuk membran, semakin tinggi konsentrasi polimer pembentuk membran maka membran yang dihasilkan semakin padat sehingga fluks yang dihasilkan juga semakin kecil ([16]. Pada penelitian ini konsentras PVA tetap dengan massa silika yang berbeda. Jadi membran 5 gram mempunyai perbandingan PVA yang lebih besar dari pada membran 8

gram, sehingga membran 5 gram mempunyai ukuran pori lebih kecil dan menghasilkan fluks lebih kecil dari pada membran 8 gram [17].

Pada Tabel 3 terlihat bahwa hasil fluks terbaik berada pada membran 8 gram dengan 25% limbah yaitu 2,81(L/m².jam). Nilai fluks yang terbesar pada penelitian ini adalah 2,81 L/m².jam, dan yang terkecil adalah 1,56 L/m².jam pada membran 5 gram 100%. Nilai fluks tersebut berada dalam range nilai fluks membran nanofiltrasi. Fluks untuk membran nanofiltrasi berkisar antara 1,4 – 12 L/m².jam pada tekanan 5-20 atm [16]. Hal ini memperkuat bahwa membran yang dihasilkan dalam penelitian ini adalah membran nanofiltrasi dengan dilakukan perbandingan fluks dengan tekanan yang digunakan. Diharapkan perhitungan untuk tekanan 5-20 atm range fluks yang dapat terjadi antara 1,4-12 L/m².jam. sedangkan untuk tekanan 2 atm range fluksnya adalah 0,14-4,8 L/m².jam. Dalam penelitian ini nilai fluks yang paling kecil adalah 1,56 L/m².jam dan yang paling besar adalah 2,81 L/m².jam. nilai fluks tersebut masuk dalam range 0,14-4,8 L/m².jam. jadi dapat disimpulkan bahwa membran dalam penelitian ini adalah membran nanofiltrasi.

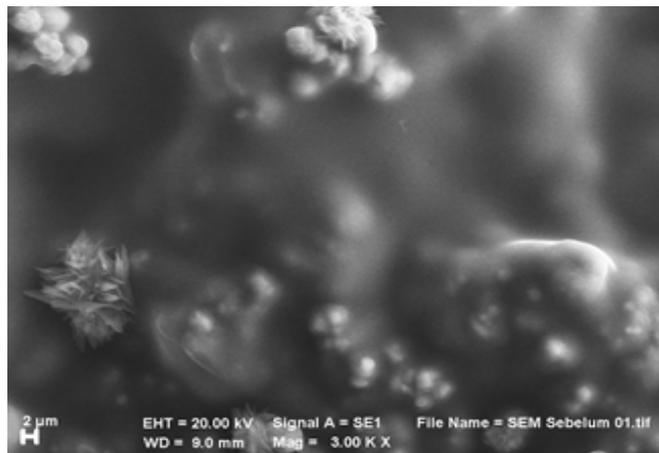
Ditinjau dari kualitas permeat, membran yang terbaik adalah membran dengan massa silika 5 gram. Ditinjau dari kuantitas (fluks) maka yang terbaik adalah membran dengan massa silika 8 gram. Karena antara membran 5 gram dan 8 gram nilai fluks tidak terpaut jauh dengan kualitas permeat berbeda (lebih bagus membran dengan massa silika 5 gram) maka dapat disimpulkan bahwa membran terbaik adalah membran dengan massa silika 5 gram. Jadi komposisi terbaik adalah silika 28,66% wt, PEG 32,38% wt, PVA 19,48% wt, semen putih 19,48% wt.

D. Karakterisasi Membran

Pengujian dilakukan pada membran terbaik, yaitu 5 gram pada 100% limbah. Gambar 1 dan 2 adalah karakterisasi membran dilakukan pada sebelum dan setelah pengujian dengan reaktor.

Pada Gambar 1 spektra FTIR membran sebelum dipakai pada gambar 1 yaitu permukaan membran sebelum dipakai untuk pengoperasian reaktor terlihat bahwa puncak gelombang pertama adalah 3411,84 cm⁻¹ yaitu gugus O-H yang menunjukkan adanya ikatan Si-OH pada membran. Gugus fungsi yang menunjukkan gugus fungsi pembentuk membran atau gugus C-O-H terletak pada bilangan gelombang 1299,93 dan 1352,01 cm⁻¹. Bilangan gelombang 472,53 dan 582,41 cm⁻¹ menunjukkan adanya gugus fungsi Si-Cl. Selain itu juga terdapat bilangan gelombang 833,19 cm⁻¹ yang menunjukkan gugus fungsi Si-CH₃. Gugus fungsi Si-O-Si yang menunjukkan terdapat pada panjang gelombang 1101,28 [18].

Dari Gambar 2 terlihat bahwa pada bilangan gelombang pertama nilainya adalah 3434,96 cm⁻¹ yang menunjukkan adanya gugus hidroksil (-OH). Adanya ikatan hidroksil ini membuktikan adanya ikatan Si-OH. Bilangan gelombang selanjutnya yaitu gelombang 1060,76 cm⁻¹ yang merupakan gugus fungsi yang menunjukkan adanya silika, karena pada nilai tersebut terdapat gugus fungsi Si-O-Si [8].



Gambar 3. Morfologi permukaan membran sebelum dipakai.

perbesaran tertentu. Gambar 3 dan 4 adalah gambar permukaan membran sebelum dan setelah dipakai.

SEM selain bertujuan untuk mengetahui morfologi membran. Terlihat pada Gambar 3, morfologi permukaan membran yang halus. Hal tersebut karena membran masih bersih dan tidak ada pengotor yang menempel pada permukaan membran.

Pada Gambar 4 terlihat terdapat butiran putih seperti kerikil pada permukaan membran. Butiran tersebut merupakan pengotor yang menempel pada permukaan membran. Dari hasil uji SEM tidak dapat diketahui ukuran pori sebenarnya. Karena jika gambarnya diperbesar dengan ukuran maksimum semakin tidak terlihat morfologi membran yang sebenarnya

IV. KESIMPULAN

Dari penelitian ini dapat diberikan beberapa kesimpulan, yaitu:

1. Koefisien rejeksi terbaik dengan nilai 91,33% untuk kekeruhan dan 56,07% untuk fosfat terdapat pada membran 5 gram 106,5 NTU untuk kekeruhan dan 4,94 mg/l untuk fosfat.
2. Nilai fluks terbaik adalah 2,81 l/m².jam didapatkan dari variasi membran dengan massa silika 8 gram (39,29% wt) 25% air limbah
3. Membran terbaik adalah membran dengan massa silika 5 gram. Jadi komposisi terbaik adalah silika 28,66% wt, PEG 32,38% wt, PVA 19,48% wt, semen putih 19,48% wt.

Gambar3. Morfologi permukaan membran setelah dipakai.

Pada panjang gelombang 1461,9 cm⁻¹ menunjukkan adanya ikatan C-H yang terbentuk karena polimer penyusun membran. Selain bilangan gelombang tersebut juga terdapat bilangan gelombang 472,53 cm⁻¹ yang menunjukkan adanya gugus fungsi Si-Cl. Angka 873,69 merupakan bilangan gelombang untuk gugus fungsi Si-CH₃ yang menunjukkan Si yang berikatan dengan polimer pembentuk membran. Puncak bilangan gelombang lebih terlihat pada membran sebelum pengujian dengan reaktor. Hal ini dikarenakan setelah pengujian dengan reaktor terdapat banyak pengotor pada permukaan membran sehingga berpengaruh pada menurunnya daya serap elektromagnetik suatu senyawa [18].

E. Analisa Morfologi Membran

Analisa morfologi membran dilakukan dengan SEM (*Scanning Electron Microscope*). Analisa SEM dilakukan oleh laboran di laboratorium energi ITS. Langkah-langkah kegiatan yang harus dilakukan untuk analisa awal adalah mengeringkan sampel, jadi membran harus dalam keadaan kering. Setelah itu membran direndam dalam nitrogen cair selama beberapa detik sampai bentuknya mengeras [3].

Kemudian potongan membran yang akan dipakai dipotong dengan pinset dan dilapisi emas murni (*coating*). Emas murni berfungsi sebagai penghantar. Langkah selanjutnya adalah mengambil gambar permukaan membran dengan

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Hakim, F. R. 2010. Penelitian Pengolahan Limbah Jasa Pencucian Mobil dengan Koagulasi dan Flokulasi Secara Batch. Surabaya. Teknik Lingkungan ITS.
- [2] Onggowosoto, T. 2008. Peningkatan Mutu Membran Komposit Nanopori Selulosa Asetat-Polistirena Menggunakan Natrium Lauril Sulfat Sebagai Porogen. Bogor. IPB.
- [3] Muliawati, E. C. 2012. Pembuatan dan Karakterisasi Membran Nanofiltrasi Untuk Pengolahan Air. Semarang. Magister Teknik Kimia-UNDIP.
- [4] Nunes, S.P dan Peinemann, K.V. 2001. Membrane Technology in the Chemical Industry. Wiley VCH-Verlag GmbH, Germany.
- [5] Damayanti, A. Dkk. 2011. *The Influenced of PAC, Zeolite, and Moringa oleifera as Biofouling Reducer (BFR) on Hybrid Membrane Bioreactor of Palm Oil Mill Effluent (POME)*. Bioresource Technology, 102:4341-4346.
- [6] Baker, W.R. 2004. *Membrane technology and Applications.*, 2nd edition., California: Jon Willey & Sons.
- [7] Gomes, S.A. Dkk. 2010. *Nanofiltration Process for Separating Cr(III) from Acid Solution: Experimental and Modelling Analysis*. Desalination, 254:80-89.
- [8] Fatmasari, S.R. 2012. Pemanfaatan Silika Sekam Padi Sebagai Bahan Baku Pembuatan Membran untuk Desalinasi Air Laut. Surabaya. Teknik Lingkungan-ITS.
- [9] Kanezashi, M. 2010. *Organic-inorganic hybrid silica membranes with controlled silica network size: Preparation and gas permeation characteristics*. Japan. Department of Chemical Engineering-Hiroshima University.
- [10] Fauzzia, dkk., 2013. Penyisihan Amoniak Dan Kekeruhan Pada Sistem Resirkulasi Budidaya Kepiting Dengan Teknologi Membran Biofilter. Semarang. UNDIP.

- [11] Widodo. 2011. Sintesis dan Karakterisasi Nanosilika Berbasis Pasir Bancar Dengan Metode *Alkali Fusion* Menggunakan Kalium Hidroksida (KOH). Tugas Akhir. Jurusan Fisika ITS.
- [12] Abidi, A. Dkk. 2011. *Effect of operating parameters on the selectivity of nanofiltration phosphate transfer through a nanomax-50 membrane*. Saudi Arabia. Science direct. Arabian Journal chemistry.
- [13] Esendiller, C. Dkk. 2010. *Mechanisms underlying the effects of membrane fouling on the nanofiltration of trace organic contaminants*. Science direct. Desalination 250 (2010) 682-687.
- [14] Dewi, L. K., R.A., dan Soedjono E.S. 2011. Rancang bangun alat pemurni air payau sederhana dengan membran reverse osmosis untuk memenuhi kebutuhan air minum masyarakat miskin daerah pesisir. Paper jurusan teknik lngkungan FTSP-ITS. Surabaya.
- [15] Dewi C.S, 2012. Pemanfaatan Sabut Kelapa Sebagai Bahan Baku Pembuatan Membran Untuk Desalinasi Air Laut. Surabaya. Teknik lingkungan-ITS.
- [16] Al-Amoudi, A dan R.W. Lovitt. 2007. *Fouling strategies and the cleaning system of NF membranes and factors affecting cleaning efficiency*. Science Direct. Journal of Membrane Science 303 (2007) 4-28.
- [17] Mulder, M. 1996. *Basic Principles of Membrane Technology*. Netherland: Kluwer Academic.
- [18] Nisa, K. 2005. Karakteristi Fluks Membran Ktosan Termodifikasi Poli (Vinil Alkohol) Dengan Variasi Poli (Etilena Glikol) Sebagai Porogen. Bogor. Kimia-IPB.
- [19] Handayani, E. 2009. Sintesa Membran Nanokomposit Berbasis Nanopartikel Biosilika dari Sekam Padi dan Kitosan sebagai Matriks Biopolimer. Bogor. IPB.