

Pencucian Membran Zeolit dengan Menggunakan Natrium Hipoklorit (NaOCl) dan Larutan Lerak

Rizka Fauzia Putri dan Alia Damayanti

Departemen Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan,
Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111 Indonesia

e-mail: rizkafauziaputri@gmail.com; damayantialia@gmail.com

Abstrak— Pada penelitian ini digunakan 2 jenis variabel penelitian yaitu konsentrasi air limbah dan bahan kimia pencucian membran dengan menggunakan *cleaning agent*. Variasi konsentrasi air limbah yaitu pada COD 174 mg/L, 152 mg/L, dan 98 mg/L sedangkan TSS 357 mg/L, 282 mg/L, dan 195 mg/L. Variasi *cleaning agent* membran yaitu menggunakan larutan NaOCl 10% dan larutan lerak 15%. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan pengaruh konsentrasi air limbah dan larutan pencuci terhadap koefisien rejeksi dan nilai fluks pada membran. Data koefisien rejeksi dan nilai fluks menentukan larutan pencuci yang terbaik untuk membran zeolit. Karakterisasi membran dilakukan dengan metode *Scanning Electron Microscopy* (SEM).

Cleaning agent membran terbaik terhadap efektifitas kinerja membran zeolit adalah dengan larutan NaOCl 10%. Nilai koefisien rejeksi (%R) membran zeolit yang optimal pada membran yaitu 82% pada konsentrasi awal COD 174 mg/L dengan larutan NaOCl 10% dan 88% pada konsentrasi awal TSS 357 mg/L dengan larutan NaOCl 10%. Δ Nilai fluks (J) yang tinggi terjadi pada membran dengan larutan NaOCl 10% dan konsentrasi air limbah 100% yaitu 39.2 L/m².jam pada pencucian pertama dan 13.4 L/m².jam pada pencucian kedua. Sedangkan Δ Nilai fluks (J) pada larutan lerak 15% dan konsentrasi air limbah 100% yaitu 8.1 L/m².jam pada pencucian pertama dan 10.0 L/m².jam pada pencucian kedua.

Kata Kunci— COD, nilai koefisien rejeksi (%R), nilai fluks (J), limbah cair domestik, membran, zeolit, scale up, *sidestream* MBR, TSS.

I. PENDAHULUAN

Komposisi air limbah sebagian besar merupakan air, sisanya adalah partikel-partikel dari padatan terlarut (*dissolved solids*) dan partikel padat tidak terlarut (*suspended solids*). Limbah cair perkotaan mengandung lebih dari 99.9% cairan dan 0.1% padatan. Padatan dalam air limbah domestik terdiri dari padatan organik dan non-organik. Zat organik terdiri dari protein (65%), karbohidrat (25%) dan lemak (10%). Sedangkan padatan non-organik terdiri dari grit, garam-garam dan logam berat, zat ini merupakan bahan pencemar utama bagi lingkungan [1].

Salah satu teknologi pengolahan limbah yang sedang berkembang pesat adalah teknologi membran. Membran adalah lapisan tipis yang dapat digunakan untuk memisahkan komponen yang berbeda berdasarkan sifat permeabilitasnya [2].

Pada penelitian ini dibuat membran yang padat dengan berbahan dasar pasir zeolit untuk mengolah air limbah domestik. Membran zeolit memiliki struktur ukuran mikropori yang seragam, kestabilan termal, mekanik, dan kimia yang baik.

Penelitian ini difokuskan pada pengujian kinerja membran zeolit terhadap pencucian membran yaitu untuk mengukur nilai koefisien rejeksi dan nilai fluks pada air limbah domestik kategori *gray water*. Nilai fluks yang paling optimum berbanding terbalik dengan nilai koefisien rejeksi [3].

Reaktor yang digunakan pada penelitian ini adalah reaktor *sidestream* MBR dengan aliran *cross-flow*. Peran membran pada *sidestream* MBR yaitu sebagai pemisahan biomassa. Tujuannya adalah menggantikan bak sedimentasi sekunder pada proses pengolahan limbah lumpur aktif. Aliran *cross-flow* pada *transport* membran digunakan untuk mengurangi penumpukan material pada membran dengan menyapu material dari permukaan sehingga dapat memperlambat terjadinya *fouling* dini [4].

Beberapa senyawa anorganik penyebab *fouling* yang terdapat pada air limbah domestik yaitu CaCO₃, CaSO₄, SiSO₄ (Chesters, 2009) [5]-[7]. Peristiwa *fouling* ini mengakibatkan penurunan rejeksi, penurunan umur membran, hingga penggantian membran [8]. Pencucian membran merupakan salah satu metode yang digunakan untuk mengurangi *fouling* pada membran [9].

Secara umum penelitian ini bertujuan untuk melakukan penyiapan membran, mencari larutan pencuci yang mampu meningkatkan kinerja membran dalam proses filtrasi, dan melakukan *scale up* kinerja membran bioreaktor. Sistem ini diharapkan dapat menyisihkan polutan yang terkandung dalam air limbah domestik dengan beberapa parameter uji yaitu COD dan TSS.

II. METODE PENELITIAN

A. Pembuatan Membran

Tahap awal yang harus dilakukan sebelum pembuatan membran yaitu pemurnian zeolit. Pemurnian zeolit dilakukan untuk mengaktivasi zeolit dan menghilangkan zat-zat pengotor dari pasir zeolit. Langkah pertama yang dapat dilakukan yaitu aktivasi zeolit secara fisika. Aktivasi secara fisika dilakukan dengan menghancurkan dan menggerus zeolit. Pasir zeolit diayak hingga berukuran 200 mesh. Aktivasi zeolit secara fisika

bertujuan untuk menghilangkan pengotor organik, memperbesar pori, dan memperluas permukaan pasir zeolit. Zeolit direndam dengan larutan HCl 15% dengan menggunakan beaker glass 1000 mL selama 24 jam. Perendaman dilakukan bertujuan untuk membuang senyawa-senyawa pengotor selain SiO₂ dikarenakan karakteristik HCl sebagai asam kuat mampu melarutkan beberapa kandungan senyawa metal yang terdapat pada pasir [10]. Zeolit dicuci dengan aquades sebanyak 7-9 kali. Zeolit yang telah dicuci dikeringkan dengan menggunakan oven 105°C selama 24 jam untuk menghilangkan kadar air dan ion Cl⁻ yang tersisa ketika pencucian.

Pembuatan membran terdiri dari 2 tahap yaitu tahapan preparasi dan pencetakan membran [10]. Tahap pembuatan membran dilakukan dengan metode inversi fasa. Metode inversi fasa adalah suatu proses perubahan bentuk dari fasa cair menjadi fasa padat.

Langkah pertama dalam tahap preparasi yaitu penimbangan zeolit massa 6 gram dengan menggunakan neraca analitik. Serbuk zeolit dilarutkan dengan 35 mL 2-Propanol di dalam beaker glass 100 mL. Penambahan 2-Propanol bertujuan agar terbentuk membran dengan pori-pori yang rapat/kecil. Larutan campuran dimasukkan ke dalam botol *centrifuge* dan dilakukan proses sentrifugasi selama 10 menit dengan kecepatan 600 rpm [11]. Hasil endapan ditambahkan 3.5 gram NH₄Cl dan dilarutkan dengan aquades hingga 200 mL. Penambahan NH₄Cl bertujuan untuk menyeragamkan ukuran pori-pori membran dan mencegah tumbuhnya mikroba pada membran yang akan dibuat [10]. Setelah itu, larutan campuran diaduk dengan *magnetic stirrer* dan disonikasi dengan ultrasonik dengan frekuensi 10.000 hz selama 1 jam agar terbentuk pori membran yang berukuran nano. Proses pengadukan dihentikan, selanjutnya larutan campuran dibiarkan hingga terbentuk endapan. Endapan zeolit yang terbentuk dipisahkan dari fasa cair dan dilakukan proses pelarutan dengan PEG 400 dan PVA untuk tahap pencetakan membran.

Tahap pencetakan membran dilakukan dengan pencampuran larutan PEG (*Poly Etylen Glicol*) dan penambahan PVA pada endapan yang dihasilkan dari proses pengadukan menggunakan *magnetic stirrer*. Penambahan PVA dalam jumlah tertentu dapat meningkatkan kekuatan mekanik dan memperbaiki struktur dari membran sendiri serta mampu membuat membran lebih stabil [12]. Membran akan semakin tebal apabila konsentrasi PVA semakin tinggi [13]. PEG sebagai senyawa *biocompatible*, *highly hydrophilic* dan anti *fouling* dapat memperbanyak pori (porogen) dan meningkatkan interkoneksi pori pada membran [14]. Endapan zeolit dilakukan proses pemanasan pada kompor listrik pada suhu 150°C - 180°C dengan ditambahkan PVA 2.5 gram yang telah dilarutkan dan PEG 400 sebanyak 5 mL. Larutan yang telah mengental selanjutnya dicetak dengan ukuran diameter ± 5 cm.

B. Variabel Penelitian

Variabel penelitian untuk proses filtrasi air limbah domestik dengan menggunakan membran zeolit.

Tabel 1.
Variabel Penelitian Pada Reaktor *Sidestream* MBR dengan Aliran *Cross-flow*

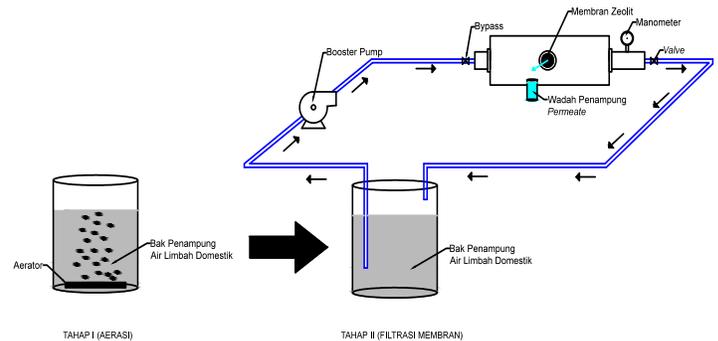
Konsentrasi Air Limbah	Cleaning agent	
	Larutan NaOCl 10% (A)	Larutan Lerak 15% (B)
100% air limbah (V1)	AV1	BV1
75% air limbah : 25% air PDAM (V2)	AV2	BV2
50% air limbah : 50% air PDAM (V3)	AV3	BV3

Pada penelitian ini dilakukan juga perlakuan tetap yaitu:

- Waktu untuk pembilasan dengan aquades, t = 15 menit.
- Waktu untuk pemisahan air, t = 100 menit, dengan pengambilan *permeate* setiap 20 menit sekali.
- Waktu untuk pencucian menggunakan *Cleaning agent* (NaOCl 10% dan larutan lerak 15%), t = 15 menit dan dibilas dengan air aquades.

C. Pengoperasian Reaktor

Membran yang telah dicetak berukuran diameter ± 5 cm kemudian diuji pada reaktor *si'destream* MBR dengan aliran *cross-flow* (lihat Gambar 1). Air limbah yang telah divariasikan berdasarkan konsentrasi di tampung pada bak pengumpul berkapasitas 20 L. Pada bak penampung disediakan aerator yang berfungsi sebagai oksidator. Aerator yang digunakan yaitu merk Resun LP 60 *air pump* dengan laju aerasi 70 L/min. Proses aerasi pada air limbah dilakukan selama 24 jam dengan kondisi DO ≈ 2 mg/L. Selanjutnya, masuk ke tahap filtrasi dengan menggunakan membran zeolit dengan distribusi pemompaan.



Gambar 1. Skema *Sidestream* MBR dengan Aliran *Cross-flow*

Pengujian membran dalam reaktor dilakukan selama 100 menit untuk setiap variasi penelitian. Pengambilan uji sampel *permeate* dilakukan setiap 20 menit sekali. *Intermitten on/off* pompa dilakukan dengan interval 8 menit hisap (*on*) dan 5 menit berhenti (*off*). Proses pencucian dilakukan saat menit ke-40 dan menit ke-80.

III. ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

A. Analisis Air Limbah Domestik

Pengamatan dan analisis sampel dilakukan pada dua titik yang berbeda yaitu sebelum dan sesudah limbah domestik

digunakan untuk proses filtrasi dengan membran zeolit. Sampel dilakukan analisis uji konsentrasi COD dan TSS mengacu pada standar yang berlaku. Parameter COD digunakan metode standar SNI 06-6989.2-2009 dengan *closed re-flux* titrimetri, sedangkan parameter TSS digunakan metode standar SNI 06-6989.3-2004 dengan Gravimetri. Variasi konsentrasi awal air limbah domestik pada penelitian dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2.
Konsentrasi COD dan TSS Air Limbah Domestik

No.	Konsentrasi Limbah	Konsentrasi COD (mg/L)	Konsentrasi TSS (mg/L)
1	100%	217	402
2	75%	185	348
3	50%	115	243

Berdasarkan konfigurasi *sidestream* MBR, *feed* yang akan diuji terlebih dahulu dilakukan pengolahan biologis yaitu aerasi dengan menggunakan aerator selama 24 jam. Pada *sidestream* MBR proses filtrasi dilakukan di luar bioreaktor melalui aliran *feed*. Tujuan aerasi yaitu melakukan *contact mixing* terhadap air dengan udara guna menaikkan jumlah oksigen yang terlarut di dalam air limbah sehingga berguna pada saat perpindahan sesuatu zat / komponen dari satu medium ke medium yang lain berlangsung lebih efisien. Pada saat proses aerasi dilakukan pengujian konsentrasi COD dan TSS pada saat sebelum dan sesudah, serta melakukan pemantauan pada konsentrasi DO pada air limbah (lihat Tabel 3).

Tabel 3.
Konsentrasi Air Limbah Domestik setelah Proses Aerasi

Konsentrasi Air Limbah	Influent (mg/L)			Effluent (mg/L)		
	COD	TSS	DO	COD	TSS	DO
100%	217	402	~0	174	357	4
75%	185	348	~0	152	282	5
50%	115	243	~0	98	195	5

B. Pengaruh Konsentrasi Air Limbah dan Cleaning Agent dalam Membran Bioreaktor Cross-flow Terhadap Nilai Koefisien Rejeksi (%R) COD

Karakterisasi membran bertujuan untuk mengetahui sifat fisik maupun kimia dari suatu sampel. Salah satu karakterisasi membran yaitu dengan melihat permeselektivitasnya dalam menahan suatu spesi atau melewatkan suatu spesi tertentu. Nilai permeselektivitas dapat dinyatakan dengan nilai koefisien rejeksi (%R) COD. Rumus yang digunakan sebagai berikut:

$$R = 1 - \frac{c_p}{c_f} \times 100\% \tag{4.1}$$

dimana :

R = Koefisien rejeksi (%)

C_p = Konsentrasi zat terlarut dalam *permeate*

C_f = Konsentrasi zat terlarut dalam *feed*

Tabel 4.

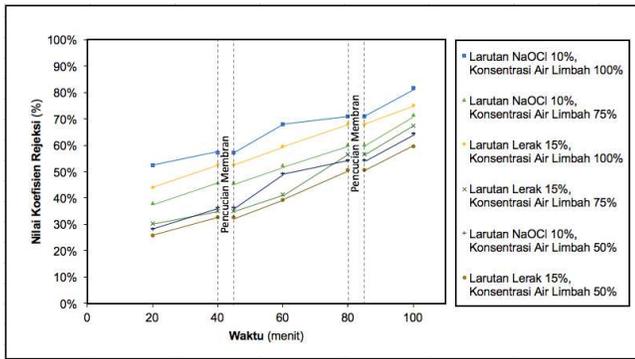
Konsentrasi COD dan %R COD terhadap Larutan NaOCl 10% dan Konsentrasi Air Limbah Domestik

Sampel ID	Menit Ke-	Konsentras	Nilai
		i COD mg/L	Koefisien Rejeksi
AV1	20	82,7	52,5%
	40	74,7	57,1%
	60	56,0	67,8%
	80	50,7	70,9%
	100	32,0	81,6%
AV2	20	94,0	38,1%
	40	82,3	45,9%
	60	72,5	52,3%
	80	60,7	60,0%
	100	43,1	71,6%
AV3	20	70,3	28,3%
	40	62,5	36,2%
	60	50,0	49,0%
	80	45,0	54,1%
	100	35,0	64,3%

Tabel 5.
Konsentrasi COD dan %R COD terhadap Larutan Lerak 15% dan Konsentrasi Air Limbah Domestik

Sampel ID	Menit Ke-	Konsentrasi	Nilai
		COD mg/L	Koefisien Rejeksi
BV1	20	97,5	44,0%
	40	82,5	52,6%
	60	70,5	59,5%
	80	55,5	68,1%
	100	43,5	75,0%
BV2	20	105,9	30,3%
	40	98,8	35,0%
	60	89,4	41,2%
	80	65,9	56,7%
	100	49,4	67,5%
BV3	20	72,7	25,8%
	40	66,1	32,5%
	60	59,5	39,3%
	80	48,5	50,5%
	100	39,7	59,5%

Berdasarkan data pada Tabel 4. Dan Tabel 5. Menunjukkan bahwa nilai koefisien rejeksi (%R) untuk parameter COD semakin meningkat. Nilai koefisien rejeksi (%R) tertinggi pada pengujian membran zeolit untuk parameter COD sebesar 81,6% pada membran dengan konsentrasi air limbah 174 mg/L dan larutan NaOCl 10% pada menit ke-100 dan untuk konsentrasi air limbah 174 mg/L dengan larutan lerak 15% memiliki nilai koefisien rejeksi (%R) sebesar 75% pada menit ke-100. Removal terkecil (%R) dihasilkan pada membran dengan konsentrasi air limbah 98 mg/L dan larutan lerak 15% sebesar 59,5% pada menit ke-100. Salah satu faktor yang mempengaruhi nilai koefisien rejeksi diantaranya yaitu pada interaksi antar muka dengan spesi yang akan melewatinya, ukuran spesi dan ukuran pori permukaan membran, serta distribusi porositas.



Gambar 2. Nilai Koefisien Rejeksi (%R) COD terhadap Konsentrasi Air Limbah dan *Cleaning Agent* pada Membran Zeolit

Gambar 2. Menjelaskan bahwa pada menit ke-40 dan menit ke-80 dilakukan proses pencucian dengan variasi *cleaning agent* yang digunakan yaitu larutan NaOCl 10% dan larutan lerak 15%. Penggunaan larutan NaOCl 10% cukup efektif dalam melakukan pencucian pada membran dibandingkan dengan larutan lerak 15%. Larutan NaOCl 10% mampu membersihkan *foulant-foulant* yang menempel pada permukaan membran, sehingga nilai koefisien rejeksi tidak mengalami peningkatan secara drastis dibandingkan dengan membran tanpa perlakuan pencucian dalam kurun waktu tertentu. Proses pencucian mampu memperpanjang *life time* pada membran. Sementara itu, nilai koefisien rejeksi pada membran akan kembali hingga seperti penggunaan membran pada saat pertama kali.

C. Pengaruh Konsentrasi Air Limbah dan *Cleaning Agent* dalam Membran Bioreaktor Cross-flow Terhadap Nilai Koefisien Rejeksi (%R) TSS

Nilai permeselektivitas membran terhadap padatan tersuspensi pada air limbah domestik dapat dilihat dari nilai koefisien rejeksi TSS. Pada proses pemisahan perlu adanya gaya dorong berupa tekanan, ketika gaya dorong bekerja pada sisi *feed* maka beberapa bagian padatan terlarut akan tertahan pada membran sedangkan pelarut akan lolos menembus membran.

Tabel 6. Konsentrasi TSS dan %R TSS terhadap Larutan NaOCl 10% dan Konsentrasi Air Limbah Domestik

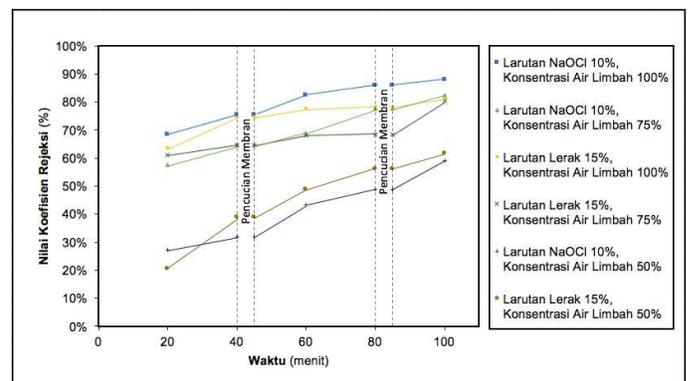
Sampel ID	Menit Ke-	Konsentrasi TSS mg/L	Nilai Koefisien Rejeksi
AV1	20	112,5	68,5%
	40	87,5	75,5%
	60	62,5	82,5%
	80	50,0	86,0%
	100	42,9	88,0%
AV2	20	120,0	57,4%
	40	100,0	64,5%
	60	87,5	69,0%
	80	62,5	77,8%
AV3	100	50,0	82,3%
	20	71,4	27,1%
	40	66,7	32,0%
	60	55,6	43,3%

Sampel ID	Menit Ke-	Konsentrasi TSS	Nilai Koefisien Rejeksi
		mg/L	
	80	50,0	49,0%
	100	40,0	59,2%

Tabel 7. Konsentrasi TSS dan %R TSS terhadap Larutan Lerak 15% dan Konsentrasi Air Limbah Domestik

Sampel ID	Menit Ke-	Konsentrasi TSS	Nilai Koefisien Rejeksi
		mg/L	
BV1	20	130,0	63,6%
	40	90,0	74,8%
	60	80,0	77,6%
	80	77,8	78,2%
	100	66,7	81,3%
BV2	20	110,0	61,0%
	40	100,0	64,5%
	60	90,0	68,1%
	80	88,9	68,5%
	100	55,6	80,3%
BV3	20	77,8	20,6%
	40	60	38,8%
	60	50	49,0%
	80	42,9	56,3%
	100	37,5	61,7%

Tabel 6. Dan Tabel 7. Menunjukkan bahwa membran dengan konsentrasi air limbah 100% dengan konsentrasi TSS yaitu 357 mg/L pada penggunaan larutan NaOCl 10% sebagai larutan pencuci memberikan nilai koefisien rejeksi (%R) TSS terbesar yaitu 88% pada menit ke-100. Konsentrasi air limbah 50% dengan konsentrasi TSS 195 mg/L dan larutan NaOCl 10% memiliki nilai koefisien rejeksi (%R) TSS yaitu 59,2%. Konsentrasi TSS pada menit ke-100 dengan menggunakan larutan NaOCl dan variasi konsentrasi air limbah memiliki hasil nilai konsentrasi yang sudah memenuhi standar baku mutu yaitu 50 mg/L berdasarkan Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 Tahun 2013. Sedangkan pada larutan lerak 15% untuk konsentrasi TSS 50% telah mencapai standar baku mutu yaitu 37,5 mg/L, dan konsentrasi TSS 75% hampir memenuhi standar baku mutu yaitu 55,6 mg/L.



Gambar 3. Nilai Koefisien Rejeksi (%R) TSS terhadap Konsentrasi Air Limbah dan *Cleaning Agent* pada Membran Zeolit

Gambar 3. Menjelaskan bahwa proses pencucian mampu membersihkan *foulant* pada permukaan membran sehingga kinerja pada membran kembali efektif. *Foulant* pada

permukaan membran tergolong *foulant irreversibel* dalam hal ini mampu dihilangkan dengan proses pencucian pada membran. *Foulant* dapat menyebabkan *fouling* melalui mekanisme *pore blockage* yaitu terjadi jika komponen dalam *feed* menutupi pori membran secara total maupun parsial [16]. Dengan adanya pencucian membran %R tidak terjadi peningkatan secara drastis dibandingkan tanpa adanya proses pencucian, maka dari itu didapatkan range %R yang cukup stabil dalam penyisihan TSS.

D. Pengaruh Konsentrasi Air Limbah dan Cleaning Agent dalam Membran Bioreaktor Cross-flow Terhadap Nilai Fluks (J)

Permeabilitas suatu membran merupakan ukuran kecepatan dari suatu spesi atau konstituen menembus membran. Secara kuantitas, permeabilitas membran sering dinyatakan sebagai fluks atau koefisien permeabilitas. Secara umum fluks dapat dirumuskan sebagai berikut [16]:

$$J = \frac{V}{A \times t} \dots\dots\dots (4.2)$$

dimana :

J = Fluks (L/m².jam)

V = Volume *permeate* (L)

A = Luas permukaan membran (m²)

t = Waktu (jam)

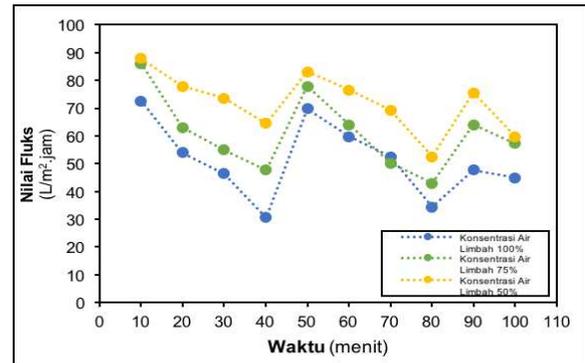
Laju fluks akan menurun sejalan dengan waktu pengoperasian akibat pengendapan atau pelekatan material dipermukaan membran, yang dikenal dengan istilah *fouling* dan *scaling* [17]. *Fouling* membran pada proses filtrasi umumnya ditandai dan diukur dari penurunan nilai fluks pada kondisi operasi konstan. Pencucian membran merupakan salah satu cara yang digunakan untuk mengurangi *fouling* pada permukaan membran [9].

Tabel 8. Nilai Fluks Membran dengan Larutan NaOCl 10%

Menit Ke-	Sample ID					
	AV1		AV2		AV3	
	Volume Permeate mL	Nilai Fluks (J) L/m ² .jam	Volume Permeate mL	Nilai Fluks (J) L/m ² .jam	Volume Permeate mL	Nilai Fluks (J) L/m ² .jam
10	15,2	72,6	18	86,0	18,4	87,9
20	11,3	54,0	13,2	63,1	16,3	77,9
30	9,7	46,3	11,5	54,9	15,4	73,6
40	6,4	30,6	10	47,8	13,5	64,5
50	14,6	69,7	16,3	77,9	17,4	83,1
60	12,5	59,7	13,4	64,0	16	76,4
70	11	52,5	10,5	50,2	14,5	69,3
80	7,2	34,4	9	43,0	11	52,5
90	10	47,8	13,4	64,0	15,8	75,5
100	9,4	44,9	12	57,3	12,5	59,7

Larutan NaOCl merupakan larutan desinfeksi yang dapat menghilangkan *foulant* organik pada membran. Desinfektan mampu menghilangkan mikroorganisme patogen. Desinfektan dalam air terdisosiasi menghasilkan asam hipoklorit dan NaOH. Asam hipoklorit yang dihasilkan inilah yang dapat menghambat aktivitas mikroorganisme. Konsentrasi larutan NaOCl yang dipakai untuk perendaman membran sangat berpengaruh pada fluks membran yang dihasilkan [18]. Berdasarkan Tabel 8. Nilai fluks pada berbagai jenis konsentrasi air limbah menunjukkan terjadinya penurunan serta peningkatan kembali setelah terjadi

proses pencucian. Konsentrasi air limbah 50% menghasilkan volume *permeate* yang lebih banyak dibandingkan dengan volume *permeate* pada konsentrasi air limbah 100%.



Gambar 4. Pengaruh Larutan NaOCl 10% terhadap Nilai Fluks pada Membran Zeolit

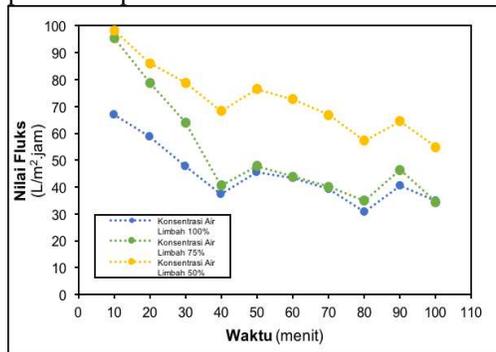
Gambar 4. Menyatakan bahwa terjadinya *fouling* akan menurunkan volume *permeate*, sehingga harus dijaga kontinuitas aliran dengan dilakukan pencucian secara berkala. Pada menit ke-40 dan menit ke-80 dilakukan proses pencucian dengan menggunakan *cleaning agent* yaitu larutan NaOCl 10% selama 15 menit untuk perendaman dan dibilas dengan aquades hingga bersih. Nilai fluks setelah dicuci dengan larutan NaOCl 10% yaitu pada konsentrasi air limbah 100% dengan pencucian pertama 69,7 L/m².jam dan pencucian kedua 47,8 L/m².jam, konsentrasi air limbah 75% pencucian pertama 77,9 L/m².jam dan pencucian kedua 64 L/m².jam, dan konsentrasi air limbah 50% pencucian pertama 83,1 L/m².jam dan pencucian kedua 75,5 L/m².jam. ΔNilai fluks (J) yang tinggi terjadi pada membran dengan larutan NaOCl 10% dan konsentrasi air limbah 100% yaitu 39,2 L/m².jam pada pencucian pertama dan 13,4 L/m².jam pada pencucian kedua.

Tabel 9. Nilai Fluks Membran dengan Larutan Lerak 15%

Menit Ke-	Sample ID					
	BV1		BV2		BV3	
	Volume Permeate mL	Nilai Fluks (J) L/m ² .jam	Volume Permeate mL	Nilai Fluks (J) L/m ² .jam	Volume Permeate mL	Nilai Fluks (J) L/m ² .jam
10	14	66,9	20	95,5	20,6	98,4
20	12,3	58,8	16,5	78,8	18	86,0
30	10	47,8	13,4	64,0	16,5	78,8
40	7,8	37,3	8,5	40,6	14,3	68,3
50	9,5	45,4	10	47,8	16	76,4
60	9,1	43,5	9,2	43,9	15,2	72,6
70	8,2	39,2	8,4	40,1	14	66,9
80	6,4	30,6	7,3	34,9	12	57,3
90	8,5	40,6	9,7	46,3	13,5	64,5
100	7,3	34,9	7,2	34,4	11,5	54,9

Larutan lerak berasal dari buah lerak. Buah lerak adalah biji dari pohon yang memiliki nama binomial *Sapindus rarak* Dc. Buah lerak (*Sapindus rarak*) mengandung senyawa Saponin, zat inilah yang menghasilkan busa dari buah lerak. Saponin adalah kelas senyawa kimia yang memiliki kemampuan untuk membersihkan dan mencuci. Berdasarkan Tabel 9. Nilai fluks membran dengan penggunaan larutan pencuci yaitu

larutan lerak 15% memiliki Δ Nilai fluks (J) yang tidak cukup besar. Hal ini disebabkan konsentrasi pada larutan lerak 15% sangat rendah, sehingga dalam proses penghilangan *foulant* pada membran kurang efektif. Konsentrasi pada larutan pencuci sangat mempengaruhi membran dalam proses pencucian pada membran.



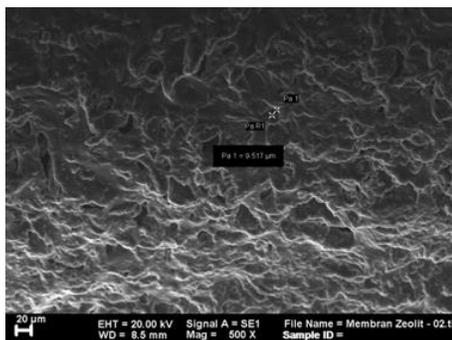
Gambar 5. Pengaruh Larutan Lerak 15% terhadap Nilai Fluks pada Membran Zeolit

Berdasarkan Gambar 5. Pada menit ke-40 dan menit ke-80 terjadi proses pencucian dengan menggunakan *cleaning agent* yaitu larutan lerak 15%. Peningkatan nilai fluks setelah dicuci dengan larutan lerak 15% yaitu pada konsentrasi air limbah 100% dengan pencucian pertama 45,4 L/m².jam dan pencucian kedua 40,6 L/m².jam, konsentrasi air limbah 75% pencucian pertama 47,8 L/m².jam, dan pencucian kedua 46,3 L/m².jam, dan konsentrasi air limbah 50% pencucian pertama 76,4 L/m².jam dan pencucian kedua 64,5 L/m².jam. Δ Nilai fluks (J) pada larutan lerak 15% dan konsentrasi air limbah 100% yaitu 8,1 L/m².jam pada pencucian pertama dan 10,0 L/m².jam pada pencucian kedua.

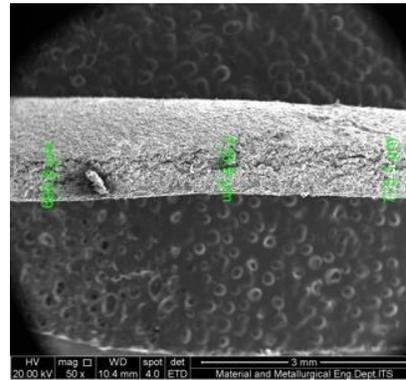
E. Analisis Morfologi Membran Zeolit

Salah satu cara untuk mengetahui morfologi membran adalah dengan uji SEM. Analisa SEM dapat memberikan informasi bentuk dan perubahan atau morfologi permukaan dari membran yang dianalisis. Penentuan klasifikasi membran dapat dilihat dari besarnya ukuran pori membran serta ketebalan pada membran yang telah diuji dengan analisa SEM.

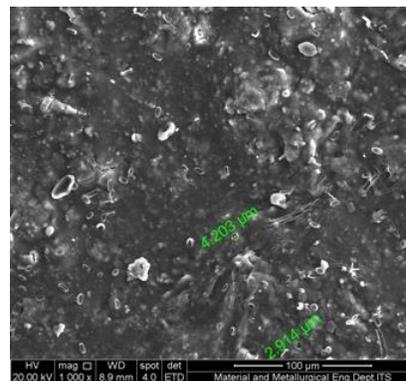
Membran zeolit dilakukan pengujian sebanyak 2 kali yaitu sebelum dan sesudah membran zeolit digunakan sebagai filtrasi pada MBR dengan sistem pengaliran *cross-flow*.



Gambar 6. Hasil Uji SEM Membran sebelum Filtrasi pada Permukaan Perbesaran 500x



Gambar 7. Hasil Uji SEM Membran sebelum Filtrasi pada Potongan Melintang Perbesaran 50x



Gambar 8. Hasil Uji SEM Membran setelah Filtrasi pada Permukaan Perbesaran 1000x

Berdasarkan hasil uji SEM pada permukaan dan potongan melintang membran yang digunakan pada penelitian ini tergolong pada membran yaitu dengan spesifikasi sebagai berikut :

- Membran : asimetrik berpori
- Ketebalan
 - Sisi kiri : 693,6 μm
 - Sisi tengah : 716,9 μm
 - Sisi kanan : 775,1 μm
 - Rata-rata ketebalan : 718,53 μm
- Ukuran pori
 - Titik 1 : 9 - 25 μm
 - Titik 2 : 2,914 μm – 4,203 μm
- Gaya pendorong : tekanan 2 bar
- Prinsip pemisahan : mekanisme sieving
- Material membran : polimer (PVA, PEG, Zeolit)
- Aplikasi utama : Pengolahan air

IV. KESIMPULAN/RINGKASAN

Kesimpulan berdasarkan penelitian yang telah dilakukan yaitu sebagai berikut:

1. Berdasarkan efektifitas nilai koefisien rejeksi dan nilai fluks pada membran saat dilakukan pencucian maka *cleaning agent* membran terbaik terhadap efektifitas kinerja membran zeolit yaitu dengan larutan NaOCl 10%.

2. Nilai koefisien rejeksi (%) membran zeolit pada variasi konsentrasi air limbah dan variasi *cleaning agent* yang optimal pada membran yaitu 82% pada konsentrasi awal COD 174 mg/L dengan larutan NaOCl 10% dan 88% pada konsentrasi awal TSS 357 mg/L dengan larutan NaOCl 10%.
 3. Nilai fluks (J) membran zeolit pada variasi konsentrasi air limbah dan variasi *cleaning agent* yang optimal pada membran yaitu dengan Δ Nilai fluks (J) yang tinggi terjadi pada membran dengan larutan NaOCl 10% dan konsentrasi air limbah 100% yaitu 39,2 L/m².jam pada pencucian pertama dan 13,4 L/m².jam pada pencucian kedua. Sedangkan Δ Nilai fluks (J) pada larutan lerak 15% dan konsentrasi air limbah 100% yaitu 8,1 L/m².jam pada pencucian pertama dan 10,0 L/m².jam pada pencucian kedua.
- [13] Nisa K. 2005. *Karakteristik fluks membrane kitosan termodifikasi Poli(Vinil Alkohol) dengan variasi poli(etilena glikol) sebagai porogen*. Skripsi. Departemen Kimia IPB.
- [14] Pramitasari, N. 2016. *Pemanfaatan Membran Filtrasi Zeolit Silika untuk Menurunkan TSS, COD, dan Warna Limbah Cair Batik*. Tesis. Jurusan Teknik Lingkungan, FTSP. ITS.
- [15] Bacchin, O., Airmar, O., dan Field, R.W. (2006). *Critical and Sustainable Fluxes : Theory, Experiment and Application*. Journal of Membran Science. (281) (42)
- [16] Mulder, M. 1996. *Basic Prinsiple of Membran Technology*. 2nd edition. Netherlands : Kluwer Academic Publisher.
- [17] Yunarsih, N. M. 2013. *Efektifitas Membran Khitosan dari Kulit Udang Galah untuk Menurunkan Fosfat dalam Air Limbah Laundry*. Thesis. Universitas Udayana, Denpasar.
- [18] Wenten, I.G. 1995. *Teknologi Membran Industrial*. Institut Teknologi Bandung, Bandung.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada pengurus Asrama Mahasiswa ITS, Laboratorium LPPM ITS, Laboratorium SEM-EDX FTIR Teknik Material dan Metallurgi ITS, dan Laboratorium Beton Teknik Sipil ITS atas segala dukungan dan bantuan pada penelitian kali ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Sugiharto. 1987. *Dasar-dasar Pengelolaan Air Limbah*. Cetakan Pertama, UI Press : Jakarta..
- [2] Baker, W.R. 2004. *Membran Technology and Applications*. 2nd Edition. California : Jon Willey and Sons.
- [3] Puspayana, D.R dan Damayanti, A. 2013. *Pengolahan Limbah Cair Tahu Menggunakan Membran Silika Nanofiltrasi Aliran Cross-flow untuk Menurunkan Kadar Nitrat dan Amonium*. Program Studi Teknik Lingkungan. Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- [4] Pusparini, W.R dan Isyuniarto. 2010. *Teknologi pemisahan Zr-Hf menggunakan metode kompleksasi-membran nanofiltrasi*. Pusat Teknologi Akselerator dan Proses Bahan BATAN. Yogyakarta.
- [5] Yang, H.L., Huang, C., Pan, J.R. . 2008. *Characteristic of RO foulant in a brackish water desalination plant*. Journal of Desalination. (220) (353–358).
- [6] Antony A, Low JH, Gray S, Childress AE, Clech PL, Leslie G. 2011. *Scale formation and control in high pressure membrane water treatment system: A review*. Journal of membrane science. (383) (1-16).
- [7] Chesters, SP. 2009. *Innovations in the inhibition and cleaning of reverse osmosis membrane scaling and fouling*. Journal of Desalination (238) (22-29).
- [8] Tang, F., Hu, H.Y., Sun, L.J., Wu, Q.Y., MeiJiang, Y., Guan, Y.T., Huang, J.J. 2007. *Fouling of reverse osmosis membrane for municipal wastewater reclamation: Autopsy results from a full-scale plant*. (349) (73– 79).
- [9] Greenlee LF, Lawler DF, Freeman BD, Marrot B, Moulin P. 2009. *Reverse osmosis desalination: water sources, technology, and today's challenges*. Journal of Water Research (43) (2317-2348).
- [10] Rachmawati, V dan Damayanti, A. 2013. *Pengolahan Limbah Cair Industri Pewarnaan Jeans Menggunakan Membran Silika Nanofiltrasi Aliran Cross-flow untuk Menurunkan Warna dan Kekeruhan*. Program Studi Teknik Lingkungan. Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- [11] Sari, T. K. 2014. *Pengolahan Limbah Laundry Menggunakan Membran Nanofiltrasi Zeolit Aliran Cross Flow untuk Filtrasi Kekeruhan dan Fosfat*. Program Studi Teknik Lingkungan. Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- [12] Farha, I. F. dan Kusumawati, N.. 2012. *Pengaruh PVA Terhadap Morfologi dan Kinerja Membran Kitosan dalam Pemisahan Pewarna*