



**TUGAS AKHIR - RE 141581**

**PENGOLAHAN LIMBAH CAIR RUMAH MAKAN  
MENGUNAKAN FILTRASI MEMBRAN SINTESIS  
ZEOLIT DAN KITOSAN UNTUK MENURUNKAN  
KADAR TSS DAN ZAT ORGANIK**

**LILIK SAFITRI**  
3312100065

**DOSEN PEMBIMBING**  
Alia Damayanti, ST., MT., PhD.

**JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN**  
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2016



FINAL PROJECT - RE 141581

***RESTAURANT WASTEWATER TREATMENT  
USE MEMBRANE FILTRATION FROM  
SYNTHESIS OF ZEOLITE AND CHITOSAN TO  
REMOVE TSS AND ORGANIC MATTER***

LILIK SAFITRI  
33121001065

SUPERVISOR  
Alia Damayanti, ST., MT., PhD.

DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL ENGINEERING  
Faculty of Civil Engineering and Planning  
Institute of Technology Sepuluh Nopember  
Surabaya 2016

## LEMBAR PENGESAHAN

### ANALISIS PENGOLAHAN LIMBAH CAIR RUMAH MAKAN MENGUNAKAN FILTRASI MEMBRAN SINTESIS ZEOLIT DAN KITOSAN UNTUK MENURUNKAN KADAR TSS DAN ZAT ORGANIK

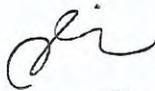
#### TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh  
Gelara Sarjana Teknik  
pada  
Program Studi S-1 Jurusan Teknik Lingkungan  
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

**LILIK SAFITRI**  
Nrp. 3312100065

Disetujui Oleh Pembimbing Tugas Akhir:



Alia Damayanti, ST., MT., PhD.  
NIP. 197702092003122001



# **Pengolahan Limbah Cair Rumah Makan Menggunakan Filtrasi Membransintesis Zeolit Dan Kitosan Untuk Menurunkan Kadar Tss Dan Zat Organik**

Mahasiswa : Lilik Safitri  
NRP : 3312100065  
Dosen Pembimbing : Alia Damayanti, ST., MT., PhD.

## **ABSTRAK**

Meningkatnya jumlah restoran yang ada saat ini juga meningkatkan limbah cair yang dihasilkan sehingga menambah beban pencemaran pada lingkungan. Limbah cair yang belum diolah memiliki kandungan organik, minyak dan lemak, BOD, COD, dan TSS yang tinggi. Maka idealnya, limbah cair tersebut terlebih dahulu diolah sebelum dibuang ke badan air atau lingkungan sehingga memenuhi baku mutu yang berlaku. Beberapa teknik pengolahan air limbah rumah makan telah banyak diterapkan. Namun biasanya teknik tersebut memerlukan lahan luas, pengoperasian yang sulit dan tak jarang menimbulkan bau karena proses degradasi yang terjadi. Teknologi membran adalah salah satu alternatif pengolahan yang dapat diterapkan dalam pengolahan limbah cair restoran.

Pada penelitian ini, metode yang digunakan untuk pembuatan membran adalah inversi fasa dengan berbahan baku zeolit dan kitosan. Zeolit dan kitosan adalah bahan yang dapat dijumpai dengan jumlah yang banyak di alam. Variasi perbandingan massa bahan pembuatan membran antara zeolit dan kitosan adalah 2:1, 1:1 dan 1:2. Selain itu juga dilakukan variasi terhadap tekanan pompa yang digunakan yaitu sebesar 1,5 bar dan 2 bar. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perbandingan massa optimum antara zeolit dan kitosan, nilai fluks dan koefisien rejeksi optimum sehingga limbah restoran dapat terolah dengan baik. Aliran pada reaktor menggunakan aliran *cross flow* agar terhindar dari *fouling* dini.

Nilai rejeksi TSS tertinggi pada variasi tekanan 1,5 bar yaitu dengan perbandingan massa zeolit dan kitosan 1:2 sebesar 85,366 mg/L. Sedangkan pada tekanan 2 bar, nilai rejeksi tertinggi pada perbandingan massa zeolit dan kitosan 1:2 adalah 87.805 mg/L. Nilai rejeksi tertinggi terhadap PV pada tekanan 1,5 bar pada variasi 1:2 yaitu sebesar 81.210 mg/L. Pada tekanan 2 bar, nilai rejeksi tertinggi ditunjukkan pada variasi massa zeolit dan kitosan 1:2 adalah 84.627 mg/L.

**Kata kunci : Limbah cair rumah makan, Kitosan, PV, TSS, Zeolit.**

# **RESTAURANT WASTEWATER TREATMENT USING MEMBRANE FILTRATION FROM SYNTHESIS OF ZEOLITE AND CHITOSAN TO REMOVE TSS AND ORGANIC MATTER**

Name: Lilik Safitri

NRP: 3312100065

Supervisor: Alia Damayanti, ST., MT., PhD.

## **ABSTRACT**

Increasing the number of restaurants that exist today increase the wastewater produced thereby increasing the pollution load on the environment. Wastewater which contains organic unprocessed, oils and fats, BOD, COD and TSS high. So ideally, the wastewater must be pre-treated before being discharged into water bodies or the environment so that it meets stream standards. Some wastewater treatment techniques have been applied at any restaurant. However, these techniques usually required vast land, difficult operation and often caused an odor because of the degradation process. Membrane technology is an alternative treatment that can be applied in the restaurant wastewater treatment.

In this study, the method used to producing membrane is the phase inversion membrane that made from zeolite and chitosan. Zeolite and chitosan is a material that can be found in large numbers in the nature. The variation of producing membrane is material mass ratio between zeolite and chitosan. The ratio is 2: 1, 1: 1 and 1: 2. It also carried a variation of the pump pressure used is 1.5 bar and 2 bar. This study aims to determine the optimum mass ratio between zeolite and chitosan, and optimum pressure for best flow. Reactor using a cross flow stream to avoid early fouling.

TSS rejection highest value at 1.5 bar pressure variations which the zeolite and chitosan for mass ratio of 1: 2 amounted to 85.366 mg / L. While at a pressure of 2 bar, the value of the highest

rejection for zeolite and chitosan mass ratio of 1: 2 is 87.805 mg / L. The highest rejection of the PV value at a pressure of 1.5 bar on the variation of 1: 2 in the amount of 81.210 mg / L. At 2 bar pressure, the highest rejection values shown in the mass variation zeolite and chitosan 1: 2 is 84 627 mg / L.

Keywords: restaurants wastewater, Chitosan, PV, TSS, Zeolite.

## DAFTAR ISI

ABSTRAK .....	i
ABSTRACT .....	iii
DAFTAR ISI .....	v
DAFTAR TABEL .....	ix
DAFTAR GAMBAR .....	xi
BAB 1 PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Tujuan Penelitian .....	2
1.4 Ruang Lingkup .....	3
1.5 Manfaat Penelitian .....	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA .....	5
2.1 Air Limbah .....	5
2.1.1 Definisi Air Limbah .....	5
2.1.2 Karakteristik Air Limbah Restoran .....	5
2.1.3 Baku Mutu Air Limbah Rumah Makan .....	8
2.2 Membran .....	9
2.2.1 Definisi Membran .....	9
2.2.2 Klasifikasi Membran .....	11
2.2.3 Permeabilitas Membran .....	14
2.2.4 Perme selektivitas Membran .....	14
2.2.5 Teknik Pembuatan Membran .....	15
2.2.6 Jenis Aliran Pada Pengoperasian Membran .....	16
2.2.7 Pencucian Membran .....	17
2.2.8 Karakterisasi Membran .....	19
2.3 Zeolit dan Kitosan .....	22
2.4 Penelitian Terdahulu .....	23
BAB 3 METODE PENELITIAN .....	27
3.1 Umum .....	27
3.2 Kerangka Alur Penelitian .....	27
3.3 Variasi Penelitian .....	29
3.4 Penelitian Pendahuluan .....	30
3.4.1 Alat dan bahan .....	30
3.4.2 Sintesis membran .....	31
3.5 Penelitian Utama .....	31

3.6	Analisis Sampel dan Hasil .....	35
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN .....		37
4.1	Pencucian Zeolit .....	37
4.2	Pelarutan Kitosan .....	38
4.3	Pembuatan Larutan dan Pencetakan Membran.....	39
4.3.1	Pencetakan Membran.....	40
4.4	Analisis Karakteristik Awal Limbah Cair Rumah Makan .....	41
4.5	Pengujian Membran.....	41
4.6	Pengaruh Perbandingan Komposisi Membran dan Tekanan terhadap Nilai Fluks .....	44
4.7	Pengaruh Perbandingan Komposisi Membran dan Tekanan terhadap Nilai Rejeksi TSS.....	49
4.8	Pengaruh Perbandingan Komposisi Membran dan Tekanan terhadap Nilai Rejeksi PV .....	55
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN .....		61
5.1	Kesimpulan .....	61
5.2	Saran .....	62
DAFTAR PUSTAKA.....		63
LAMPIRAN .....		69

## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Kandungan Limbah Cair Domestik.....	6
Tabel 2. 2 Karakteristik Limbah Cair Rumah Makan.....	7
Tabel 2. 3Baku Mutu Air Limbah Domestik (permukiman, Rumah Makan,Perkantoran , Perniagaan, Apartemen, Perhotelan dan Asrama).....	8
Tabel 2. 4Jenis Membran Berdasarkan Fungsinya.....	12
Tabel 2. 5 Kisaran nilai fluks dan tekanan.....	14
Tabel 3. 1Variasi Penelitian.....	30
Tabel 3. 2 Konversi Satuan Tekanan.....	34
Tabel 4. 1Karakteristik Awal Limbah Cair Rumah Makan.....	41
Tabel 4. 2 Nilai Fluks Membran pada Tekanan 1,5 Bar.....	45
Tabel 4. 3 Nilai Fluks Membran pada Tekanan 2 Bar.....	46
Tabel 4. 4 Nilai Rejeksi TSS pada Tekanan 1,5 Bar, variasi 1;2	49
Tabel 4. 5 Nilai Rejeksi TSS pada Tekanan 1,5 Bar, Variasi 1;1	50
Tabel 4. 6 Nilai Rejeksi TSS pada Tekanan 1,5 Bar, Variasi 1;2	50
Tabel 4. 7 Nilai Rejeksi TSS pada Tekanan 2 Bar, Variasi 2;1	51
Tabel 4. 8 Nilai Rejeksi TSS pada Tekanan 2 Bar, Variasi 1;1	52
Tabel 4. 9 Nilai Rejeksi TSS pada Tekanan 2 Bar, Variasi 1;2	53
Tabel 4. 10 Nilai Rejeksi PV pada Tekanan 1,5 Bar, Variasi 2;1	55
Tabel 4. 11 Nilai Rejeksi PV pada Tekanan 1,5 Bar, Variasi 1;1	56
Tabel 4. 12 Nilai Rejeksi PV pada Tekanan 1,5 Bar, 1;2	56
Tabel 4. 13 Nilai Rejeksi PV pada Tekanan 2 Bar, Variasi 2;1	57
Tabel 4. 14 Nilai Rejeksi PV pada Tekanan 2 Bar, Variasi 1;1	58
Tabel 4. 15 Nilai Rejeksi PV pada Tekanan 2 Bar	58

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Proses pemisahan pada membran .....	11
Gambar 2. 2 Proses Pemisahan membran (Maryana, 2007) .....	17
Gambar 2. 3 Diagram skematik SEM (Zadeh, 2007) .....	21
Gambar 3. 1 Diagram Alir Kerangka Penelitian .....	29
Gambar 3. 2 Desain Reaktor Membran .....	33
Gambar 4. 1 Serbuk Zeolit yang akan digunakan.....	37
Gambar 4. 2 Pencucian Zeolit dengan Aquades .....	38
Gambar 4. 3 Penimbangan Kitosan .....	38
Gambar 4. 4 Larutan Kitosan yang telah jadi .....	39
Gambar 4. 5 Pencetakan Membran .....	40
Gambar 4. 6 Membran yang siap digunakan .....	42
Gambar 4. 7 Setelah digunakan pada tekanan 1,5 bar .....	43
Gambar 4. 8 Alat Pengujian SEM di Laboratorium Energi ITS ...	44
Gambar 4. 9 Perbedaan Nilai Fluks Membran pada Tekanan 1,5 bar.....	45
Gambar 4. 10 Perbedaan Nilai Fluks Membran pada Tekanan 2 bar.....	47
Gambar 4. 11 Perbedaan Nilai Fluks Membran.....	48
Gambar 4. 12 Perbedaan Nilai Rejeksi TSS pada Tekanan 1,5 bar .....	51
Gambar 4. 13 Perbedaan Nilai Rejeksi Pada Tekanan 2 bar .....	54
Gambar 4. 14 Perbedaan Nilai Rejeksi Pada Tekanan 2 bar .....	54
Gambar 4. 15 Perbedaan Nilai Rejeksi PV pada Tekanan 1,5 bar .....	57
Gambar 4. 16 Perbedaan Nilai Rejeksi PV pada Tekanan 2 bar .....	59
Gambar 4. 17 Perbedaan Nilai Rejeksi PV .....	60

[Halaman sengaja dikosongkan]

## BAB 3 METODE PENELITIAN

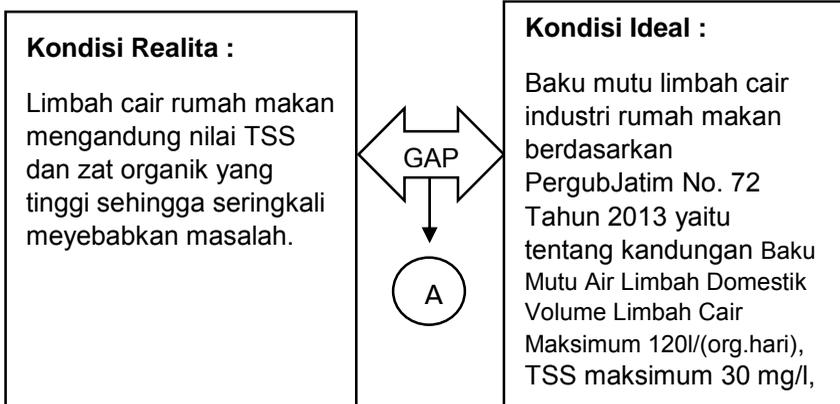
### 3.1 Umum

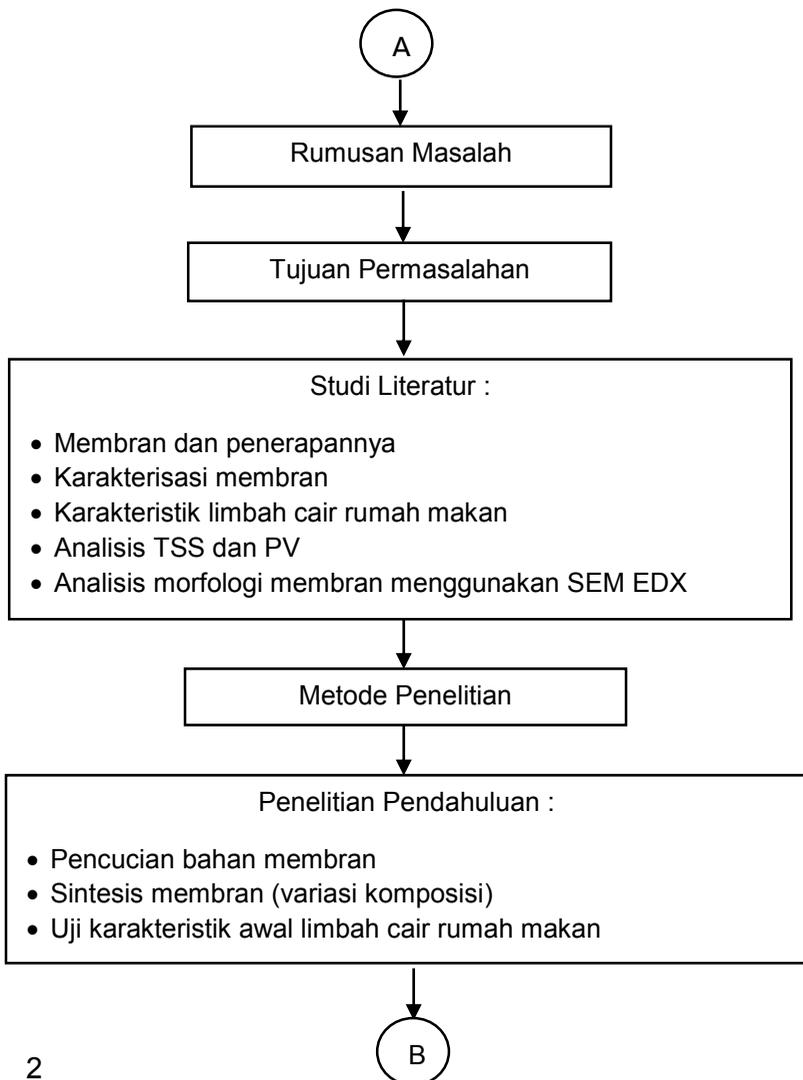
Metode penelitian merupakan rangkaian kegiatan penelitian yang tersusun secara sistematis untuk menjadi acuan dalam pelaksanaan. Penelitian ini bertujuan menganalisa penggunaan membran dari sintesis zeolit dan kitosan dan pengaruhnya terhadap penurunan kadar pencemar pada limbah rumah makan terutama pada *Total Suspended Solid* (TSS) dan zat organik atau yang disebut *Permanganate Value* (PV). Variabel yang digunakan yaitu perbandingan massa pembentuk membran dan tekanan operasi membran.

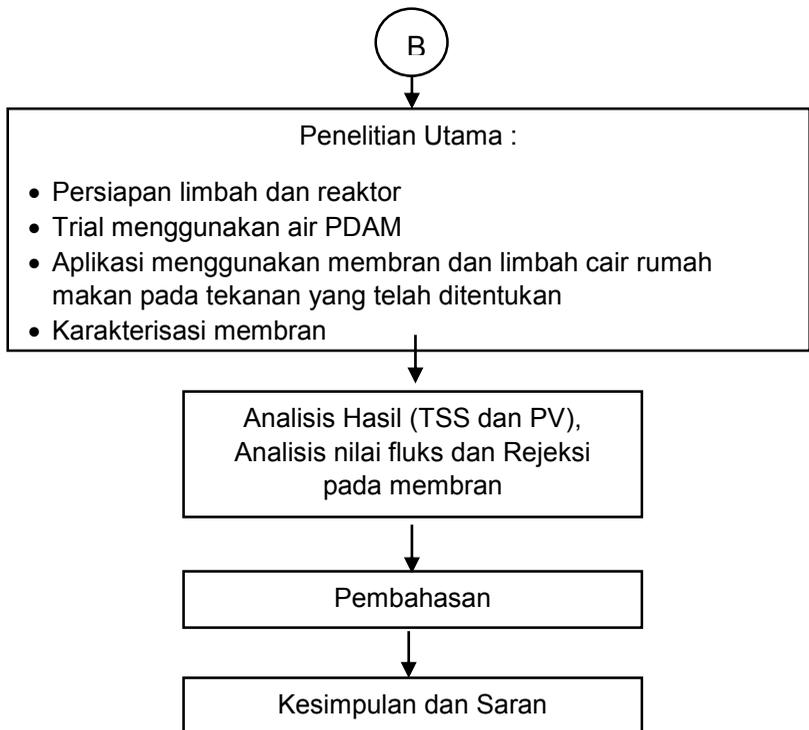
Dalam penelitian ini reaktor dikondisikan agar bekerja pada aliran *cross flow*. Air limbah akan melewati membran dengan tekanan yang akan divariasikan. Analisa morfologi membran dilakukan dengan menggunakan *Scanning Electron Microscopy with Energy Dispersive X-ray Spectroscopy* (SEM EDX). Parameter yang diuji dalam penelitian ini adalah TSS dan *Permanganate Value* (PV) pada limbah rumah makan.

### 3.2 Kerangka Alur Penelitian

Kerangka alur penelitian berisi kerangka alur secara sistematis tahapan kegiatan yang akan dilakukan agar dapat meminimisasi kesalahan yang terjadi. Kerangka alur penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.1.







**Gambar 3. 1** Diagram Alir Kerangka Penelitian

### 3.3 Variasi Penelitian

Penelitian ini menggunakan variasi perbandingan komposisi antara zeolit dan kitosan serta variasi tekanan. Perbandingan komposisi zeolit dan kitosan yang digunakan yaitu 1:1, 2:1 dan 1:2. Sedangkan tekanan yang digunakan pada

penelitian ini yaitu 1,5 bar dan 2 bar. Konsentrasi air limbah yang digunakan adalah 100% limbah rumah makan. Untuk lebih jelasnya, variasi penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 3.1.

**Tabel 3.1 Variasi Penelitian**

No.	Perbandingan Komposisi Massa (total massa : 15 g) <sup>(1)</sup>		Tekanan (bar) <sup>(2)</sup>
	Zeolit (g)	Kitosan (g)	
1	Zeolit : Kitosan = 1 : 1 <sup>(3)</sup>		
	7,5	7,5	1,5
	7,5	7,5	2
2	Zeolit : Kitosan = 2 : 1		
	10	5	1,5
	10	5	2
3	Zeolit : Kitosan = 1 : 2		
	5	10	1,5
	5	10	2

Sumber : (1) Sari dan Damayanti, 2014  
 (2) Afriyani dkk, 2013  
 (3) Ronaldo, 2008

### 3.4 Penelitian Pendahuluan

#### 3.4.1 Alat dan bahan

Alat-alat yang digunakan dalam sintesis zeolit-kitosan adalah gelas beker berukuran 250 ml dan 1000 ml, gelas ukur, pipet volumetrik, spatula logam dan kaca, cawan porselen, mortar, kertas saring, neraca analitik, *furnace*, ayakan mesh, kompor listrik, termometer, *vacuum pump*, oven dan desikator. Persiapan alat untuk pembuatan membran antara lain: gelas beker 400 ml, cawan petri, spatula logam dan kaca, neraca analitik, pipet volumetric, *centrifuge*, *magnetic stirrer*, pH meter, neraca analitik, oven, *beaker glass*, erlenmeyer dan cawan pertidis, kompor listrik.

Bahan-bahan yang digunakan untuk sintesis zeolit adalah pasir zeolit, KOH, HCL 1N, dan aquades. Untuk pembuatan membran dibutuhkan bahan-bahan yaitu larutan isopropanol, NH<sub>4</sub>Cl, PEG (*Poly ethylene glycol*), PVA (*Poly Vinyl Alcohol*) dan aquades.

### 3.4.2 Sintesis membran

Pembuatan membran atau sintesis membran campuran zeolit dan kitosan dengan mencampurkan zeolit dan kitosan dengan variasi perbandingan komposisi massa zeolit dan kitosan 1:1, 2:1 dan 1:2. Ketika pencampuran, zeolit dan kitosan sudah dalam bentuk larutan. Pencampuran dilakukan dengan menggunakan *magnetic stirrer* selama 10 menit dengan kecepatan 600 rpm. Setelah itu dipanaskan di atas pemanas listrik atau water bath selama 1 jam sambil diaduk secara manual menggunakan pengaduk kaca. Larutan yang telah homogen kemudian dituangkan ke dalam cetakan (cawan petridis) dan dikeringkan pada suhu 100°C selama 24 jam hingga diperoleh film membran zeolit dan kitosan. Untuk melepas film membran dari cetakan, diperlukan perendaman dengan menggunakan larutan NaOH 1% selama 2 jam. Membran yang diperoleh selanjutnya dibilas aquades hingga netral dan kemudian dikeringkan pada suhu ruang (Wahyuni dan Damayanti, 2015).

### 3.5 Penelitian Utama

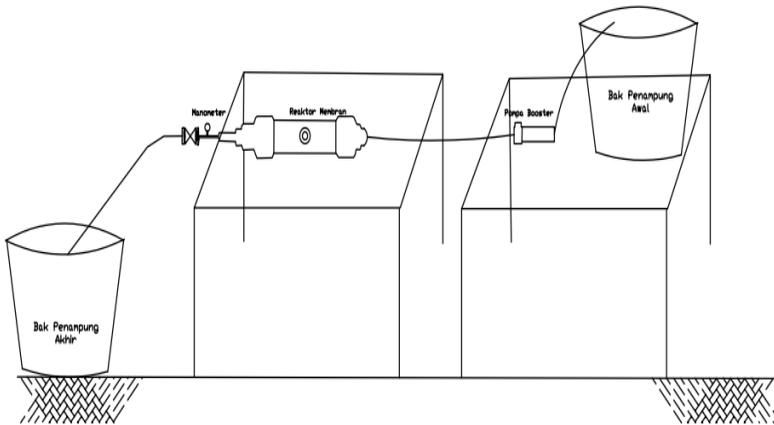
Pelaksanaan penelitian ini dilakukan bertahap sesuai tahapan yang disusun dalam kerangka penelitian. Berikut tahapan penelitian dan penjelasannya:

- a. Persiapan limbah dan reaktor  
Limbah diambil dari langsung dari salah satu rumah makan di area keputih, Surabaya. Kemudian air limbah di dilakukan pengendapan yaitu dengan menuangkannya ke dalam ember besar dan dibiarkan selama semalam. Reaktor disiapkan dan dirangkaikan seperti gambar 3.2. sebelum digunakan pastikan pompa dapat menyala dengan baik.
- b. Trial menggunakan air PDAM  
Sebelum digunakan ada air limbah, maka dilakukan trial dengan air PDAM. Reaktor dijalankan dengan air PDAM sebagai air uji. Hal ini penting dilakukan agar tidak terjadi hal yang mengganggu di tengah penelitian dengan air limbah langsung. Seperti terjadinya kebocoran dan air yang tidak mengalir dengan benar dapat dihindari.

- c. Aplikasi menggunakan membran dan limbah cair rumah makan yang telah ditentukan

Setelah dilakukan penelitian pendahuluan dengan memvariasikan komposisi dan tekanan operasi pada membran, dilanjutkan penelitian utama. Penelitian utama yang dilakukan meliputi persiapan limbah cair rumah makan dan aplikasi filtrasi Membran hasil sintesis zeolit dan membran dicetak dengan diameter  $\pm 2,9 - 3$  cm pada cawan petridis. Membran yang telah terbentuk kemudian diuji pada reaktor *cross flow*. Membran diletakkan di dalam lubang tempat keluarnya permeat. Peletakan membran harus dipastikan menutupi lubang dengan rapat untuk mencegah terjadinya kebocoran. Limbah cair di tampung pada bak penampung (*feed*) berkapasitas 20 L yang kemudian akan dipompa dengan menggunakan *booster pump* menuju reaktor membran. Agar pori-pori membran bekerja efektif, aquades dialirkan pada membran selama  $\pm 1$  jam. Kemudian air limbah dialirkan ke dalam reaktor dengan tekanan 1,5 dan 2 bar. Bagian dari reaktor membran dengan aliran *cross flow* ini adalah manometer, *valve*, *by pass*, dan selang. Fungsi dari manometer adalah untuk menunjukkan tekanan yang berjalan di dalam reaktor. *Valve* dan *by pass* digunakan untuk membuka tutup aliran sehingga tekanan dalam reaktor dapat diatur. Selang berfungsi sebagai media pengalir dari bak pengumpul awal menuju bak penampung.

Pada awal running, *valve* dan *by pass* dibuka dan ditutup secara perlahan untuk memperbesar atau mengurangi tekanan hingga mencapai 1,5 bar dan 2 bar. Setelah mencapai tekanan 1,5 bar dan 2 bar permeat ditampung pada tabung atau bak untuk selanjutnya dianalisis kadar TSS dan PV nya.. Pengujian membran dilakukan 60 menit (1 jam) dengan setiap variasi dan permeat diambil setiap 10 menit. Desain reaktor membran aliran *cross flow* dapat dilihat pada Gambar 3.2.



**Gambar 3. 2** Desain Reaktor Membran

Pompa yang digunakan untuk pengujian membran pada reaktor *cross flow* menggunakan pompa sentrifugal jenis pompa *booster* yang ditunjukkan pada Gambar 3.3. Pompa *booster* dapat meningkatkan tekanan agar cukup kuat untuk mendorong air melewati membran dimana membran dioperasikan pada tekanan 1,5 dan 2 bar (Sari dan Damayanti, 2014). Pemilihan pompa yang sesuai diperlukan agar operasi membran dapat berjalan. Spesifikasi pompa yang digunakan adalah sebagai berikut:

- Jenis pompa : Booster pump
- Open flow : 140 L/jam
- Work flow : 96 L/jam
- Voltase : 24 V DC
- Ampere : 1,6 ampere @ 70 psi
- Work Pressure : 130 psi



**Gambar 3.3** Pompa booster (Sari dan Damayanti, 2014)

Tekanan yang direncanakan dalam penelitian adalah sebesar 1,5 bar dan 2 bar. Pompa yang digunakan memiliki satuan tekanan dalam psi. oleh karena itu , satuan tekanan dikonversi kedalam satuan bar. Untuk mengkonversi satuan tekanan dapat dilihat pada Tabel 3.2.

**Tabel 3. 2 Konversi Satuan Tekanan**

Pressure Unit		Pascal	Bar	Technical Atmosfer	Standard atmosfer	Torr	Pounds per square inch
		(Pa)	(bar)	(at)	(atm)	(Torr)	(psi)
Pascal	1(Pa)	N/m <sup>2</sup>	10 <sup>-5</sup>	1,0197 x 10 <sup>5</sup>	9,8692 x 10 <sup>-6</sup>	7,5006 x 10 <sup>-3</sup>	1,4503 77 x 10 <sup>-4</sup>
Bar	1(bar)	10 <sup>5</sup>	10 <sup>6</sup> dyn/cm <sup>2</sup>	1,0197	0,98692	750,06	14,503 77
Technical Atmosfer	1(at)	0,980665 x 10 <sup>5</sup>	0,980665	1 kp/cm <sup>2</sup>	0,967841 1	735,559 2	14,223 34
Standard atmosfer	1(atm)	1,01325x10 <sup>5</sup>	1,01325	1,0332	Po	760	14,695 95
Torr	1(Torr)	1,333,224	1,333224 x 10 <sup>-3</sup>	1,35955 1 x 10 <sup>-3</sup>	1,315789 x 10 <sup>-3</sup>	1mmHg	1,9336 78 x 10 <sup>-2</sup>
Pounds per square inch	1(psi)	6,8948x10 <sup>3</sup>	6,8948x10 <sup>-2</sup>	7,03069 x 10 <sup>-2</sup>	6,8046 x 10 <sup>-2</sup>	51,7149 3	1 lbf/in <sup>2</sup>

Sumber : Arman, 2008

Diketahui 1 bar sama dengan 14,50377 psi. Maka untuk tekanan 1,5 bar, pompa dioperasikan pada tekanan dalam satuan psi :

$$\begin{aligned} &= 1,5 \times 14,50377 \\ &= 21,76 \text{ psi} \end{aligned}$$

Untuk tekanan 2 bar, maka tekanan pompa pada saat pengoperasian dalam satuan psi adalah:

$$\begin{aligned} &= 2 \times 14,50377 \\ &= 29,01 \text{ psi} \end{aligned}$$

d. Karakterisasi membran

Karakterisasi membran hasil sintesis zeolit dan kitosan dilakukan dengan menggunakan *Scanning Electron Microscopy with Energy Dispersive X-ray Spectroscopy* (SEM EDX). Membran kering dibekukan dengan nitrogen cair kemudian dipatahkan dan ditempelkan pada holder. Selanjutnya dilakukan pemotretan terhadap permukaan membran. Dari SEM EDX diperoleh morfologi membran. Morfologi membran ditemukan pada perbesaran tertentu. Analisis morfologi dilakukan sebanyak dua kali yaitu membran yang memiliki kinerja terbaik pada saat sebelum dan sesudah digunakan untuk melakukan filtrasi limbah cair rumah makan. Sedangkan nilai fluks dan nilai rejeksi dari membran dilakukan dengan menggunakan perhitungan sesuai rumus yang telah ada.

### 3.6 Analisis Sampel dan Hasil

Sampel yang diteliti berasal sebelum perlakuan (sampel awal) atau *feed* dan sesudah perlakuan (setelah dilakukan filtrasi membran) atau *permeate*. Kedua jenis sampel ini kemudian dilakukan pengujian terhadap parameter TSS, sesuai dengan metode analisis gravimetrik mengacu pada SNI 06-6989.3-2004, dan parameter Permanganat Value (PV). Air limbah sebelum di filtrasi di uji terlebih dahulu karakteristik awal seperti TSS, BOD, COD, pH, PV, serta lemak dan minyak. Setelah pengujian maka dilakukan perbandingan dengan menghitung rejeksi nya sesuai dengan rumus perhitungan rejeksi. Serta dihitung pula volume permeate yang didapatkan untuk mengetahui fluks yang dicapai.



## **BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN**

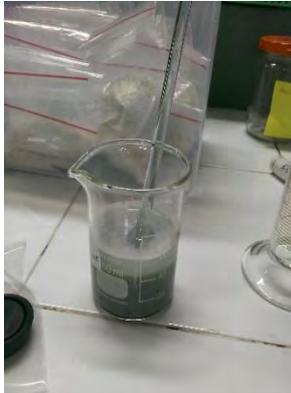
### **4.1 Pencucian Zeolit**

Proses pembuatan membran diawali dengan menyiapkan bahan yaitu zeolit dan kitosan. Zeolit yang akan digunakan untuk bahan pembuatan membran harus bebas dari adanya zat pengotor sehingga perlu dilakukan pencucian. Zeolit yang digunakan berupa serbuk yang telah diayak menggunakan saringan (mesh) dengan ukuran 100 mesh. Hal ini untuk membuat zeolit yang digunakan memiliki ukuran yang seragam.

Kemudian dilakukan pencucian dengan merendam 250 gram zeolit dalam HCL 1N sebanyak 350 ml selama semalam. Pencucian dilakukan untuk membuang senyawa pengotor agar tidak mengganggu proses selanjutnya. Kemudian zeolit di cuci dengan aquades 7-9 kali untuk menghilangkan kadar HCL sehingga pH zeolit mendekati pH 7. Selanjutnya zeolit dikeringkan dengan cara dioven dalam suhu sekitar 102°C selama 24 jam untuk menghilangkan kadar airnya. Zeolit yang sudah kering kemudian ditumbuk dengan mortar hingga halus. Zeolit inilah yang siap untuk ditimbang sesuai massa yang dibutuhkan untuk pembuatan membran.



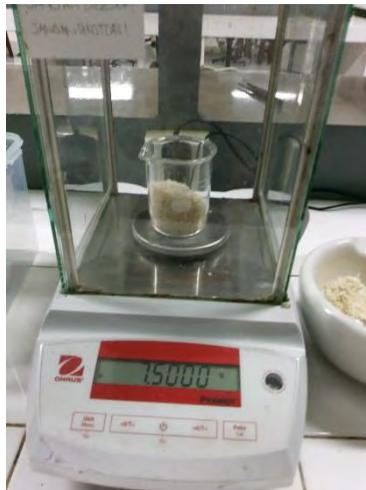
**Gambar 4. 1** Serbuk Zeolit yang akan digunakan



**Gambar 4. 2** Pencucian Zeolit dengan Aquades

#### **4.2 Pelarutan Kitosan**

Kitosan yang digunakan awalnya berbentuk serutan kecil dan kering. Kemudian kitosan ditimbang sesuai dengan kebutuhan massa berdasarkan variasi yang telah ditentukan. Yaitu sebanyak 5 gram 7,5 gram dan 10 gram.



**Gambar 4. 3** Penimbangan Kitosan

Selanjutnya kitosan dilarutkan pada larutan asam cuka ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ) 5% sebanyak 100 ml. penggunaan asam cuka ini sebagai pelarut karena kitosan tidak larut dalam air namun larut di asam lemah (Marganof, 2003). Larutan kitosan dipanaskan di atas kompor listrik dengan terus diaduk hingga larut sempurna. Setelah semua kitosan terlarut maka larutan ini didiamkan sementara untuk menurunkan suhunya. Larutan yang homogen ini berwarna kuning kecoklatan.



**Gambar 4. 4** Larutan kitosan yang telah jadi

### **4.3 Pembuatan Larutan dan Pencetakan Membran**

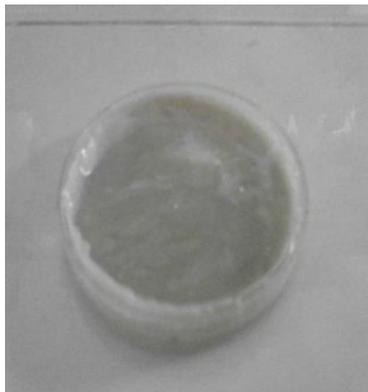
Bahan pembuatan membran selain zeolit dan kitosan adalah *Poli Vinyl Alcohol* (PVA) dan *Poli Ethylen Glycol* (PEG) yang digunakan sebagai zat aditif. Langkah pertama yang perlu dilakukan adalah menimbang zeolit yang telah dicuci sebanyak 5 gram, 7,5 gram dan 10 gram. Kemudian zeolit dicampurkan dengan 35 ml iso-propanol dan dimasukkan dalam botol centrifuge selama 10 menit dengan kecepatan 600 rpm. Fungsi penambahan larutan ini agar terbentuk membran dengan ukuran pori-pori yang lebih rapat/kecil (Radiman dan Eka, 2007). Fase cair yang didapatkan kemudian dibuang. Sedangkan fase padatnya dituang ke dalam *beaker glass* 250 ml.

Endapan zeolit ditambahkan dengan larutan  $\text{NH}_4\text{Cl}$  sebanyak 3,5 ml. Larutan  $\text{NH}_4\text{Cl}$  dibuat dengan melarutkan 3,5 gram  $\text{NH}_4\text{Cl}$  dalam 300 ml aquades. Campuran di aduk

menggunakan *magnetic stirrer* selama satu jam dan kemudian diendapkan. Selama pengadukan, diletakkan alat pemancar gelombang ultrasonik disamping *beaker glass*. Tujuannya adalah untuk memecahkan molekul yang kemungkinan saling menumpuk dan juga untuk mengeluarkan udara gelembung (Rachipudi, 2013) Endapan zeolit inilah yang akan digunakan dalam pembuatan membran.

#### 4.3.1 Pencetakan Membran

Endapan dipisahkan dan dicampurkan kedalam larutan kitosan yang telah disiapkan. Selanjutnya ditambahkan larutan *Poli Vinyl Alcohol* (PVA) 20% sebanyak 30 ml dan PEG 30 ml. Menurut Farha dan Kusumawati (2012), penambahan PVA dalam jumlah tertentu dapat memperbaiki struktur dari membran itu sendiri, meningkatkan kekuatan membran serta mampu menstabilkan membran yang dibentuknya. Penambahan PVA bertujuan untuk merekatkan zeolit sehingga dapat terbentuk membran yang padat sedangkan PEG berfungsi untuk memperbesar pori membran dan menjaga ketahanan membran terhadap faktor eksternal (Rosnelly, 2012). Kemudian dipanaskan sambil diaduk hingga tercampur sempurna dan mengental. Setelah mengental, larutan dituang kedalam cawan petri dan di oven selama 24 jam.



**Gambar 4. 5** Pencetakan Membran

Setelah membran mengering, cara mengeluarkannya dari cetakan adalah dengan merendamnya dengan NaOH 1% selama 2 jam. Lalu membran dibilas dengan aquades untuk menghilangkan sisa NaOH. Kemudian membran dikeringkan pada suhu ruangan dan selanjutnya membrane dapat digunakan pada rangkaian reaktor.

#### 4.4 Analisis Karakteristik Awal Limbah Cair Rumah Makan

Karakteristik awal limbah cair rumah makan dilakukan sebelum air limbah di filtrasi menggunakan membran. Hasil analisa awal tertera Tabel 4.1.

**Tabel 4. 1 Karakteristik Awal Limbah Cair Rumah Makan**

Parameter	Konsentrasi (mg/l)
TSS	622
pH	5,95
COD	988
BOD	620
PV	74
Lemak dan Minyak	6971

Dari tabel diketahui TSS limbah sebesar 622 mg/L dimana pada baku mutu Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 Tahun 2013 sebesar 50 mg/L. Kandungan lemak dan minyak juga tinggi.

#### 4.5 Pengujian Membran

Sebelum menjalankan filtrasi menggunakan air limbah rumah makan, sebelumnya reaktor di uji menggunakan air PDAM. Hal ini untuk mengetahui membran dapat digunakan atau kemungkinan adanya kerusakan pada reaktor. Reaktor filtrasi ini menggunakan aliran *cross flow*. Aliran *cross flow* dipilih untuk mencegah *fouling* terlalu dini pada permukaan membran sehingga dapat meningkatkan umur pemakaian membran. Setelah pengujian menggunakan air PDAM dianggap tidak ada masalah, dilanjutkan dengan menggunakan air limbah rumah makan.

Pengujian disesuaikan dengan variasi tekanan operasi yaitu 1,5 bar dan 2 bar. Pada awalnya tekanan di coba pada tekanan 1

bar namun karena hasil yang didapat sangat kecil maka tekanan yang dipilih dinaikkan menjadi 1,5 dan 2 bar.



**Gambar 4. 6** Membran yang siap digunakan

Untuk menyangga agar membran tidak mudah lepas dari reaktor, maka digunakan menggunakan kawat stainless steel dan ditutup rapat dengan water mur. Selain itu setiap membran hanya digunakan pada satu jenis variasi tekanan. Selanjutnya reaktor dijalankan dengan tekanan sebesar kurang lebih 2 atm dengan cara menutup sebagian valve pada bagian effluen limbah, perubahan tekanan tersebut dapat dilihat melalui pressure gauge yang terpasang pada reaktor. Reaktor ini bekerja dengan mengalirkan air limbah secara sejajar dengan membran, konsentrat yang telah melauai reaktor akan ditampung kembali pada wadah yang sama untuk kemudian dialirkan lagi melalui reaktor. Permeat yang dihasilkan ditampung ke dalam botol kecil agar lebih mudah menganalisa dan menghitung volumenya.



**Gambar 4. 7** Setelah digunakan pada tekanan 1,5 bar

Membran yang telah jadi kemudian diuji SEM baik membran sebelum digunakan dan setelah digunakan. 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 (Muliawati, 2012).

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 perbesaran tertentu. Gambar 4.8 adalah alat untuk analisa SEM dan Gambar 4.6 merupakan gambar permukaan membran sebelum dipakai.

Hasil dari analisa SEM terlampir dalam Gambar lampiran 1 dan Gambar lampiran 2. Dalam gambar terlihat walaupun pada pembesaran 1000 kali, namun pori-pori membran tidak terlihat jelas. Sedangkan pada gambar lampiran 2 terlihat gumpalan putih yang banyak menutupi lapisan membran. Gumpalan inilah yang

menjadi pengotor membran yang nantinya berpengaruh pada performa membran.



**Gambar 4. 8** Alat Pengujian SEM di Laboratorium Energi ITS

#### **4.6 Pengaruh Perbandingan Komposisi Membran dan Tekanan terhadap Nilai Fluks**

Nilai fluks adalah jumlah volume *permeate* yang melewati satuan luas permukaan membran pada waktu tertentu dengan adanya gaya dorong berupa tekanan (Mulder, 1996). Rumus yang digunakan dalam perhitungan fluks adalah:

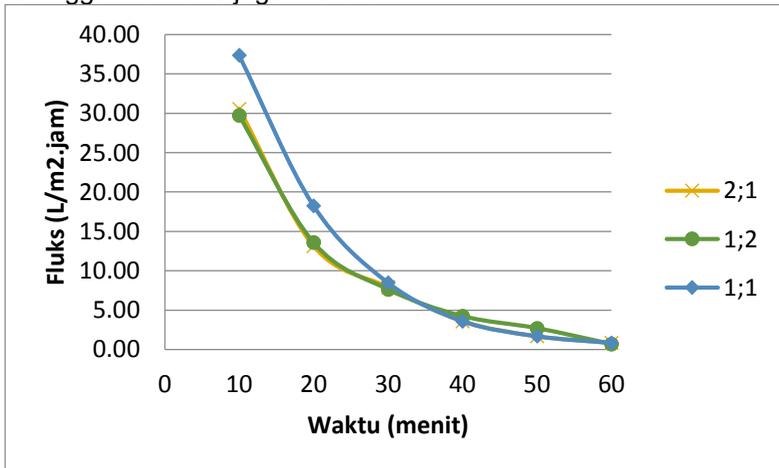
$$J = \frac{V}{(A \times t)}$$

Luasan membran ialah luasan membran yang dilewati oleh air limbah, dalam penelitian ini adalah 3 cm. Pengambilan permeate dilakukan setiap 10 menit dan dilakukan selama satu jam (60 menit). Dari pengujian didapatkan nilai fluks sebagai berikut pada tekanan 1,5 bar.

**Tabel 4. 2 Nilai Fluks Membran pada Tekanan 1,5 Bar**

menit ke -	2:1		1:1		1:2	
	Volume (ml)	Fluks (L.m-2.jam-1)	Volume (ml)	Fluks (L.m-2.jam-1)	Volume (ml)	Fluks (L.m-2.jam-1)
10	3,6	30,573	4,4	37,367	3,5	29,724
20	3,1	13,163	4,3	18,259	3,2	13,588
30	2,8	7,926	3	8,493	2,7	7,643
40	1,7	3,609	1,7	3,609	2	4,246
50	1	1,698	1	1,698	1,6	2,717
60	0,6	0,849	0,6	0,849	0,5	0,707

Berdasarkan pada Tabel 4.2, semakin lama waktu pengoperasian membran maka semakin kecil nilai fluks yang dihasilkan. Nilai fluks berbanding lurus dengan volume permeat yang dihasilkan dari filtrasi membran. Aplikasi membran dari ketiga variasi menunjukkan penurunan volume permeat yang dihasilkan sehingga nilai fluks juga menurun.



**Gambar 4. 9 Perbedaan Nilai Fluks Membran pada Tekanan 1,5 bar**

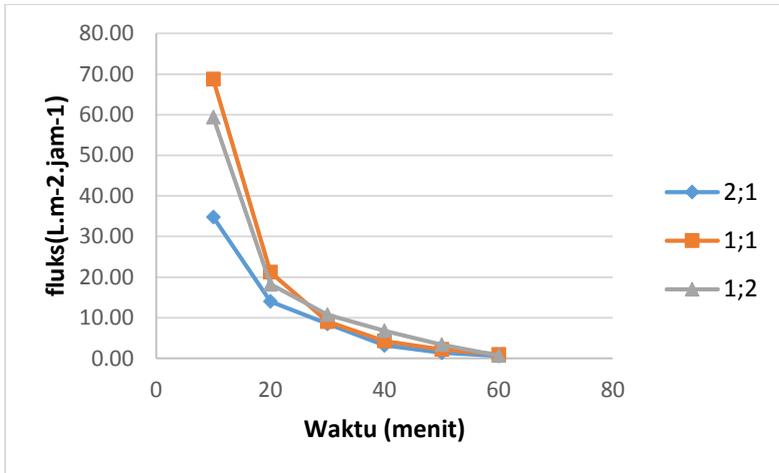
Fluks terendah ditunjukkan oleh membran dengan variasi zeolit lebih sedikit yaitu perbandingan 1:2. Tampak pada menit ke 60 sebesar 0,71 L/m<sup>2</sup>.jam.

Sedangkan pada tekanan 2 bar, hasil fluks menjadi lebih banyak daripada di tekanan 1,5 bar. Berikut pada tabel 4.3 terlihat perbandingan pada ketiga variasi massa.

**Tabel 4. 3 Nilai Fluks Membran pada Tekanan 2 Bar**

menit ke -	2:1		1:1		1:2	
	volum e (ml)	fluks(L.m -2.jam-1)	volum e (ml)	fluks(L.m -2.jam-1)	volum e (ml)	fluks(L.m -2.jam-1)
10	4,1	34,819	8,1	68,789	7	59,448
20	3,3	14,013	5	21,231	4,3	18,259
30	3	8,493	3,2	9,059	3,8	10,757
40	1,5	3,185	2	4,246	3,2	6,794
50	0,8	1,358	1,3	2,208	2	3,397
60	0,4	0,566	0,7	0,991	0,5	0,708

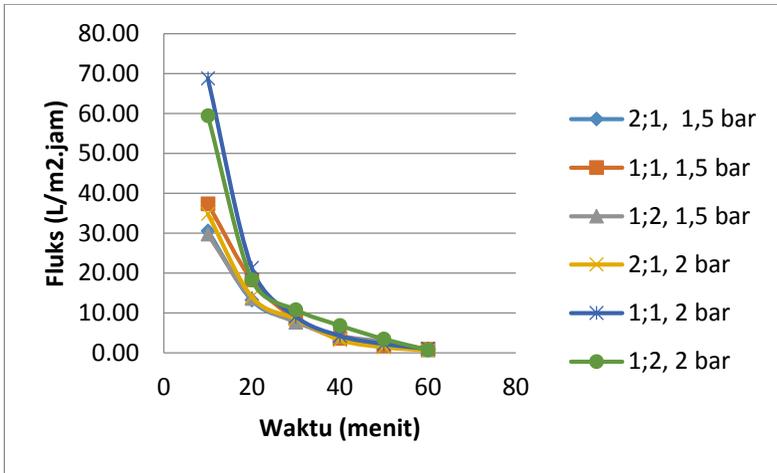
Nilai fluks terendah ditunjukkan pada perbandingan massa 1:2. Sedangkan nilai fluks tertinggi diperoleh pada perbandingan 1:1. Dari ketiga perbandingan ini, baik pada tekanan operasi 1,5 bar maupun 2 bar, perbandingan massa zeolit dan kitosan yang menghasilkan fluks terendah adalah perbandingan 1:2. Sedangkan pada perbandindan 1:1 fluks terlihat paling baik dibandingkan yang lainnya.



**Gambar 4. 10** Perbedaan Nilai Fluks Membran pada Tekanan 2 bar

Berdasarkan padagambar 4.2 semakin lama waktu pengoperasian membran maka semakin kecil nilai fluks yang dihasilkan. Aplikasi membran dari ketiga variasi pada tekanan 2 bar menunjukkan penurunan volume permeat yang dihasilkan sehingga nilai fluks juga menurun.

Untuk mengetahui perbedaan nilai fluks yang dihasilkan dari ketiga variasi pada tekanan 1,5 bar dan 2 bar, maka kurva nilai fluks digabung dalam satu data. Dengan demikian hasil nilai fluks yang dihasilkan dapat dibandingkan. Perbedaan nilai fluks membrane yang dihasilkan dari ketiga variasi pada tekanan 1,5 bar dan 2 bar dapat dilihat pada Gambar 4.3.



**Gambar 4.11** Perbedaan Nilai Fluks Membran

Nilai fluks membran yang dihasilkan dari pengoperasian rata-rata masuk pada kisaran nilai fluks untuk jenis membran ultrafiltrasi, yakni 10-50 L/m<sup>2</sup>.jam (Mulder, 1996). Berdasarkan penelitian Ciabatti *et al.* (2009) serta Sari dan Damayanti (2014), nilai fluks biasanya cenderung menurun seiring dengan bertambahnya waktu. Hal ini dikarenakan pada rentang waktu tersebut, partikel yang tertahan pada permukaan membran semakin banyak sehingga akan membentuk lapisan *cake*. Lapisan ini akan membuat pori-pori permukaan membran semakin kecil dan akan memperbesar nilai rejeksi (Maharani dan Damayanti, 2013). Nilai fluks terbaik yaitu pada perbandingan massa 1:1 pada tekanan 2 bar. Hasil ini dikarenakan flux permeate dan presentase rejeksi operasi membran dipengaruhi oleh konsentrasi larutan dan tekanan operasi membran (Afriyani, 2013).

Sebagai perbandingan dilakukan pula filtrasi terhadap air limbah langsung tanpa dilakukan pengendapan. Pengujian dilakukan pada membran 1:1 dengan tekanan 1,5 bar. Hasilnya sebelum sampai 1 jam, membran telah mengalami *fouling* dan tidak mengeluarkan permeat lagi. Hasil permeatpun sangat sedikit. Bahkan saat dicoba menggunakan tekanan 2 bar. Pada 10 menit pertama hanya mengeluarkan 0,6ml saja. Setelahnya tidak

didapatkan permeat lagi. Hal ini dikarenakan konsentrasi feed yang sangat tinggi zat organik. Semakin tinggi konsentrasi larutan akan menyebabkan fluks menurun karena konsentrasi yang tinggi akan menurunkan transfer massa permeat menerobos membran. Sehingga pada konsentrasi tinggi banyak partikel yang mengendap pada lapisan permukaan membran (Afriyani, 2013).

#### 4.7 Pengaruh Perbandingan Komposisi Membran dan Tekanan terhadap Nilai Rejeksi TSS

Penentuan nilai TSS berguna untuk mengetahui kekuatan pencemaran air limbah dan penentuan efisiensi unit pengolahan air (Rahmawati dan Azizah, 2005). Nilai rejeksi didapatkan dari membandingkan konsentrasi sesudah difiltrasi dengan yang sebelum di filtrasi. Berikut hasil pada tekanan 1,5 bar dengan perbandingan massa 1:2

**Tabel 4. 4 Nilai Rejeksi TSS pada Tekanan 1,5 Bar, variasi 1:2**

No	Waktu Sampling (menit)	Volume Sampel (mL)	Berat Kertas Saring (g)	Berat Kertas Saring + Residu (g)	Berat Residu (g)	Konsentrasi (mg/L)	Nilai Rejeksi (%)
1	0	20	0,137	0,1493	0,0123	615	-
2	10	20	0,137	0,1404	0,0027	195	68,29
3	20	20	0,1355	0,1387	0,0032	160	73,98
4	30	20	0,1405	0,1437	0,0032	160	73,98
5	40	20	0,1383	0,1422	0,0039	135	78,05
6	50	20	0,1381	0,1413	0,0032	160	73,98
7	60	20	0,1398	0,1422	0,0048	240	60,98

Sedangkan pada variasi 1:1 hasilnya berubah menjadi lebih baik yaitu sebagai berikut.

**Tabel 4. 5 Nilai Rejeksi TSS pada Tekanan 1,5 Bar, Variasi 1:1**

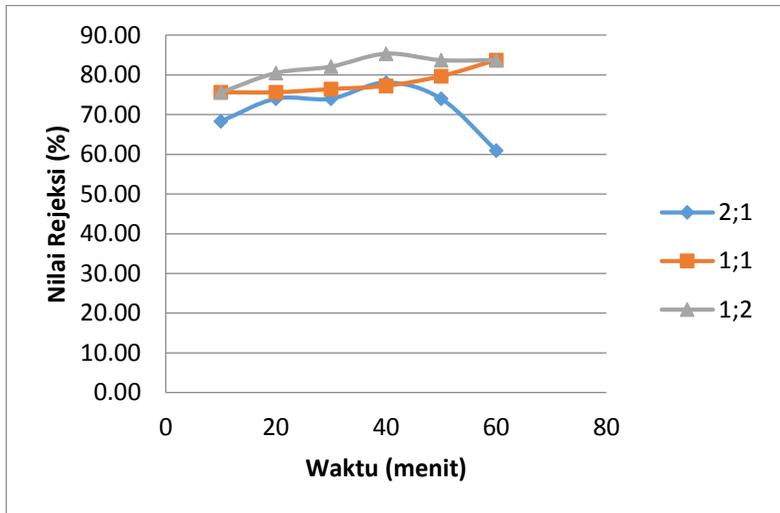
No.	Waktu Sampling (menit)	Volume Sampel (mL)	Berat Kertas Saring (g)	Berat Kertas Saring + Residu (g)	Berat Residu (g)	Konsentrasi (mg/L)	Nilai Rejeksi (%)
1	0	20	0,137	0,1493	0,0123	615	-
2	10	20	0,134	0,137	0,003	150	75,61
3	20	20	0,136	0,139	0,003	150	75,61
4	30	20	0,1379	0,1408	0,0029	145	76,423
5	40	20	0,1372	0,14	0,0028	140	77,236
6	50	20	0,1375	0,14	0,0025	125	79,675
7	60	20	0,135	0,137	0,002	100	83,74

Konsentrasi TSS menurun hingga konsentrasi 100 mg/L. Untuk variasi 2:1 dengan tekanan yang sama, hasilnya menjadi lebih bagus seperti tabel berikut

**Tabel 4. 6 Nilai Rejeksi TSS pada Tekanan 1,5 Bar, Variasi 2:1**

No.	Waktu Sampling (menit)	Volume Sampel (mL)	Berat Kertas Saring (g)	Berat Kertas Saring + Residu (g)	Berat Residu (g)	Konsentrasi (mg/L)	Nilai Rejeksi (%)
1	0	20	0,137	0,1493	0,0123	615	-
2	10	20	0,136	0,139	0,003	150	75,61
3	20	20	0,136	0,1384	0,0024	120	80,488
4	30	20	0,1378	0,14	0,0022	110	82,114
5	40	20	0,1382	0,14	0,0018	90	85,366
6	50	20	0,142	0,144	0,002	100	83,74
7	60	20	0,137	0,139	0,002	100	83,74

Untuk mengetahui nilai rejeksi TSS yang didapatkan dari seluruh variasi, maka kurva nilai rejeksi TSS digabungkan kedalam satu grafik sehingga dapat terlihat perbedaan masing-masing variasi.



**Gambar 4. 12** Perbedaan Nilai Rejeksi TSS pada Tekanan 1,5 bar

Grafik di atas memperlihatkan hubungan ketiganya. Pada perbandingan 1:2 rejeksi pada menit ke 50 dan dan ke 60 turun. Sedangkan nilai rejeksi terbaik adalah pada perbandingan massa 5gr zeolit dengan 10 gr kitosan. Namun pada nilai rejeksi optimal, konsentrasi TSS pada permeat masih melebihi baku mutu yaitu 50mg/L. Hal ini dikarenakan tingginya zat pencemar khususnya minyak dan lemak yang terkandung pada air limbah rumah makan ini. Kemudian nilai rejeksi TSS pada tekanan operasi 2 bar didapatkan hasil sebagai berikut.

**Tabel 4. 7** Nilai Rejeksi TSS pada Tekanan 2 Bar, Variasi 2;1

No.	Waktu Sampling (menit)	Volume Sampel (mL)	Berat Kertas Saring (g)	Berat Kertas Saring + Residu (g)	Berat Residu (g)	Konsentrasi (mg/L)	Nilai Rejeksi (%)
1	0	20	0,137	0,1493	0,0123	615	-
2	10	20	0,1346	0,1374	0,0028	140	77,236
3	20	20	0,1373	0,14	0,0027	135	78,049
4	30	20	0,138	0,1408	0,0028	140	77,236
5	40	20	0,1372	0,14	0,0028	140	77,236
6	50	20	0,1375	0,141	0,0035	175	71,545
7	60	20	0,135	0,1378	0,0028	140	77,236

Pada tekanan 2 bar nilai rejeksi yang didapatkan masih lebih besar dari baku mutu. Konsentrasi permeate berada di *range* 175 mg/L hingga 135 mg/L. Sedangkan pada variasi yang berbeda yaitu 7,5gr zeolit dengan 7,5 gr kitosan didapatkan hasil yang tertera pada tabel 4.8.

**Tabel 4. 8 Nilai Rejeksi TSS pada Tekanan 2 Bar, Variasi 1;1**

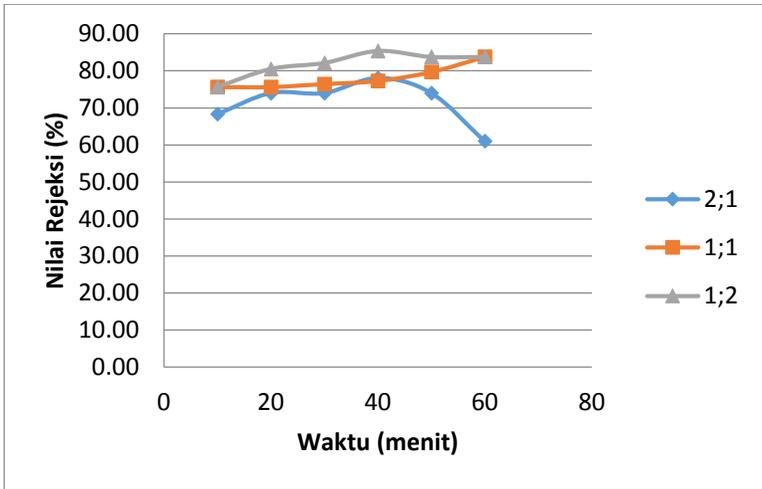
No.	Waktu Sampling (menit)	Volume Sampel (mL)	Berat Kertas Saring (g)	Berat Kertas Saring + Residu (g)	Berat Residu (g)	Konsentrasi (mg/L)	Nilai Rejeksi (%)
1	0	20	0,137	0,1493	0,0123	615	-
2	10	20	0,1442	0,1473	0,0031	155	74,797
3	20	20	0,1454	0,1485	0,0031	155	74,797
4	30	20	0,1412	0,1441	0,0029	145	76,423
5	40	20	0,1339	0,137	0,0031	155	74,797
6	50	20	0,1387	0,1413	0,0026	130	78,862
7	60	20	0,1397	0,1432	0,0035	175	71,545

Sedangkan pada variasi 1;2 dimana kitosan dengan komposisi lebih banyak daripada zeolit didapatkan hasil sebagai berikut.

**Tabel 4. 9 Nilai Rejeksi TSS pada Tekanan 2 Bar, Variasi 1;2**

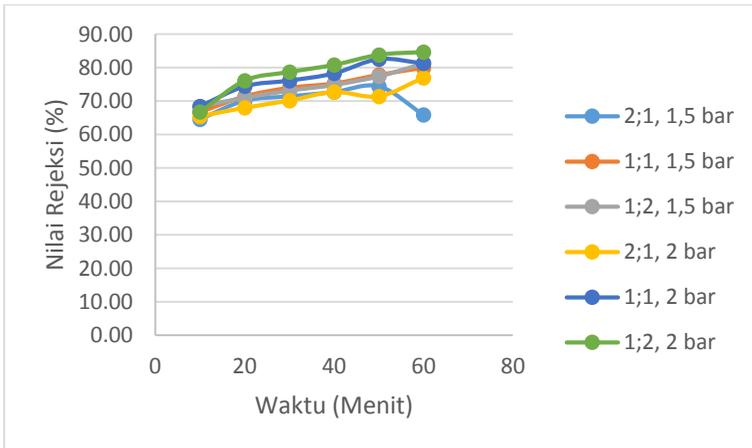
No.	Waktu Sampling (menit)	Volume Sampel (mL)	Berat Kertas Saring (g)	Berat Kertas Saring + Residu (g)	Berat Residu (g)	Konsentrasi (mg/L)	Nilai Rejeksi (%)
1	0	20	0,137	0,1493	0,0123	615	-
2	10	20	0,1334	0,1373	0,0039	195	68,293
3	20	20	0,1454	0,1478	0,0024	120	80,488
4	30	20	0,142	0,144	0,002	100	83,74
5	40	20	0,1439	0,1458	0,0019	95	84,553
6	50	20	0,141	0,1427	0,0017	85	86,179
7	60	20	0,136	0,1375	0,0015	75	87,805

Dari ketiga data rejeksi tersebut dikumpulkan dalam satu grafik untuk menampilkan hasil variasi massa dengan nilai rejeksinya pada tekanan 2 bar.



**Gambar 4.13** Perbedaan Nilai Rejeksi Pada Tekanan 2 bar

Variasi massa 1;2 dengan jumlah kitosan 10gr dan 5 gr zeolit menunjukkan nilai rejeksi yang paling stabil naik. Hal ini dikarenakan kitosan mempunyai kemampuan yang lebih baik.



**Gambar 4.14** Perbedaan Nilai Rejeksi Pada Tekanan 2 bar

Nilai rejeksi merupakan parameter yang digunakan untuk menggambarkan selektivitas membran. Hal ini menunjukkan bahwa selektivitas membran baik karena selektivitas merupakan ukuran kemampuan suatu membran untuk menahan suatu spesi atau melewati suatu spesi tertentu. Menurut (Notodarmojo dan Deniva, 2004), pada permukaan membran akan terjadi polarisasi konsentrasi dan pembentukan cake. Kedua fenomena tersebut akan menurunkan fluks tetapi akan meningkatkan daya saring membran terhadap konstituen. Apabila daya saring meningkat, koefisien rejeksi juga semakin besar.

#### 4.8 Pengaruh Perbandingan Komposisi Membran dan Tekanan terhadap Nilai Rejeksi PV

Nilai permanganat adalah ukuran jumlah oksigen yang diperoleh dari kalium permanganat yang diperlukan untuk mengoksidasi polutan organik dan anorganik yang mudah teroksidasi dalam sampel air limbah (Uwidia, 2011). PV awal limbah adalah 74 mg/L. Kemudian dilakukan filtrasi dengan tekanan 1,5 dan 2 bar dengan variasi komposisi pembentuk membran. Pada variasi 2;1 didapatkan hasil yang tercantum pada tabel 4.10.

**Tabel 4. 10 Nilai Rejeksi PV pada Tekanan 1,5 Bar, Variasi 2;1**

No.	Waktu Sampling (menit)	Titration KMnO <sub>4</sub> (mL)	Nilai Permanganat (PV)	Nilai Rejeksi (%)
1	0	23,4	74	-
2	10	8,3	26,2	64,53
3	20	7	22,1	70,09
4	30	6,7	21,2	71,37
5	40	6,4	20,2	72,65
6	50	6	19,0	74,36
7	60	8	25,3	65,81

Pada tekanan yang sama, variasi membran 1;1 menghasilkan nilai rejeksi PV sebagai berikut.

**Tabel 4. 11 Nilai Rejeksi PV pada Tekanan 1,5 Bar, Variasi 1;1**

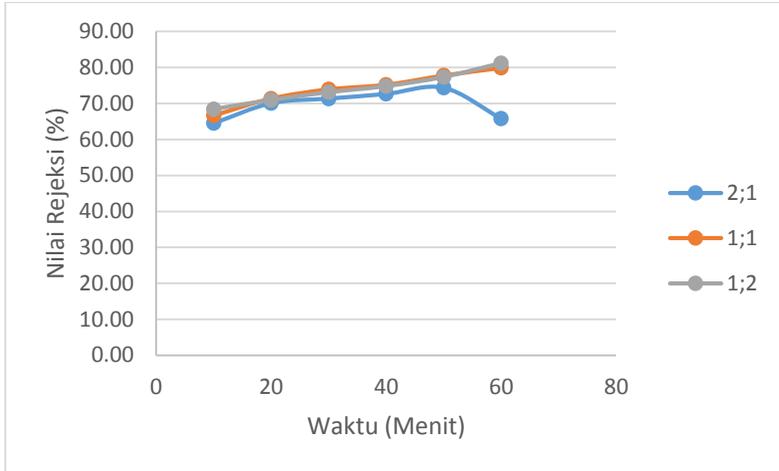
No.	Waktu Sampling (menit)	Titration KMnO <sub>4</sub> (mL)	Nilai Permanganat (PV)	Nilai Rejeksi (%)
1	0	23,4	74	-
2	10	7,8	24,6	66,692
3	20	6,7	21,2	71,389
4	30	6,1	19,3	73,951
5	40	5,8	18,3	75,232
6	50	5,2	16,4	77,795
7	60	4,7	14,9	79,930

Sedangkan pada variasi 1;2 didapatkan nilai rejeksi sebagai berikut.

**Tabel 4. 12 Nilai Rejeksi PV pada Tekanan 1,5 Bar, 1;2**

No.	Waktu Sampling (menit)	Titration KMnO <sub>4</sub> (mL)	Nilai Permanganat (PV)	Nilai Rejeksi (%)
1	0	23,4	74	-
2	10	7,4	23,4	68,4
3	20	6,8	21,5	70,962
4	30	6,3	19,9	73,097
5	40	5,9	18,6	74,805
6	50	5,3	16,7	77,367
7	60	4,4	13,9	81,211

Dari ketiga data nilai rejeksi dibuat grafik untuk dapat melihat perbandingan hasil rejeksi tiap variasi .



**Gambar 4. 15** Perbedaan Nilai Rejeksi PV pada Tekanan 1,5 bar

Pada tekanan 2 bar, rata-rata nilai rejeksi yang didapatkan meningkat. Berikut sear lengkap nilai rejeksi tertantum pada tabel 4.13.

**Tabel 4. 13** Nilai Rejeksi PV pada Tekanan 2 Bar, Variasi 2;1

No.	Waktu Sampling (menit)	Titration KMnO4 (mL)	Nilai Permanganat (PV)	Nilai Rejeksi (%)
1	0	23,4	74	-
2	10	8,1	25,6	65,411
3	20	7,5	23,7	67,973
4	30	7	22,1	70,108
5	40	6,4	20,2	72,671
6	50	6,7	21,2	71,389
7	60	5,4	17,1	76,941

Pada tekanan yang sama dengan variasi berbeda yaitu 1;1 didapatkan hasil rejeksi sebagai berikut.

**Tabel 4. 14 Nilai Rejeksi PV pada Tekanan 2 Bar, Variasi 1;1**

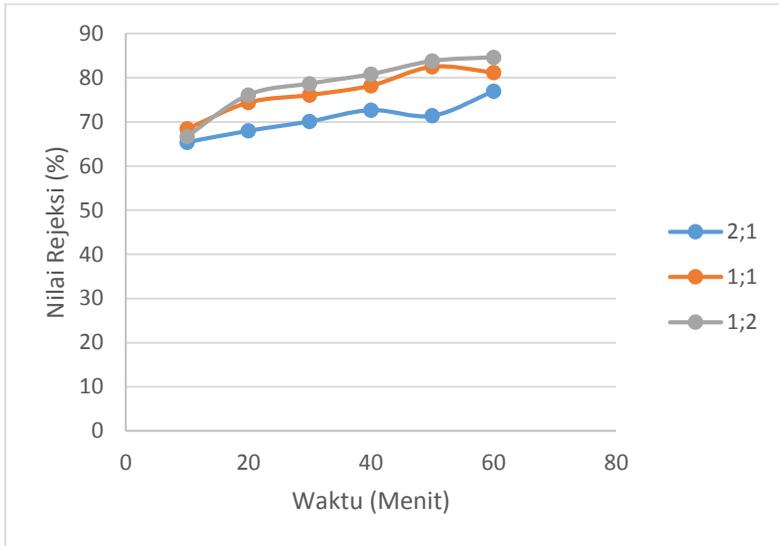
No.	Waktu Sampling (menit)	Titration KMnO4 (mL)	Nilai Permanganat (PV)	Nilai Rejeksi (%)
1	0		74	-
2	10	7,4	23,4	68,4
3	20	6	19,0	74,378
4	30	5,6	17,7	76,086
5	40	5,1	16,1	78,222
6	50	4,1	13,0	82,492
7	60	4,4	13,9	81,211

Dan pada komposisi massa kitosan 10gr dengan zeolit 5gr didapatkan nilai rejeksi sebagai berikut.

**Tabel 4. 15 Nilai Rejeksi PV pada Tekanan 2 Bar, Variasi 1;2**

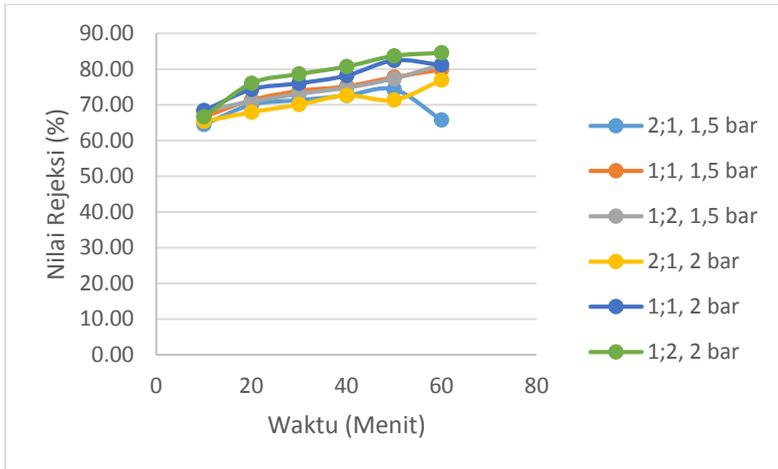
No.	Waktu Sampling (menit)	Titration KMnO4 (mL)	Nilai Permanganat (PV)	Nilai Rejeksi (%)
1	0		74	-
2	10	7,8	24,6	66,692
3	20	5,6	17,7	76,086
4	30	5	15,8	78,648
5	40	4,5	14,2	80,784
6	50	3,8	12,0	83,773
7	60	3,6	11,4	84,627

Untuk mengetahui lebih jelas perbedaan ketiga variasi tersebut,berikut terdapat dalam grafik ini.



**Gambar 4. 16** Perbedaan Nilai Rejeksi PV pada Tekanan 2 bar

Terlihat dengan variasi massa kitosan lebih banyak dibandingkan zeolit rejeksi yang didapatkan lebih baik. Lalu untuk mengetahui pengaruh tekanan serta perbandingan massa terhadap rejeksi PV dibuat grafik hingga tampak seperti berikut.



**Gambar 4. 17** Perbedaan Nilai Rejeksi PV

Dari kedua parameter didapatkan nilai rejeksi yang terlihat memiliki pola yang hampir sama. Hal ini menunjukkan bahwa nilai PV memiliki korelasi dengan TSS. Nilai permanganate menerminkan jumlah padatan yang ada dan akan bereaksi dengan kalium permanganat yang ada. Besarnya nilai permanganat diperoleh tergantung pada padatan tersuspensi yang ada dalam air limbah dan juga tergantung beban penemaran (Uwidia, 2012).

Melihat kualitas permeal masih memiliki TSS dan kadar organik yang melebihi baku mutu, sebaiknya perlu adanya pre-treatment yang diberikan sebelum di lakukan pengolahan menggunakan membran. Biasanya rumah makan telah memiliki *greasetrap* tapi kondisinya kurang baik atau jarang dibersihkan sehingga kualitas air *effluent* nya tetap buruk. Maka perlu adanya Pre-treatment tambahan ataupun menggunakan *greasetrap* dengan kondisi baik. Karena kekeruhan air limbah rumah makan cukup tinggi sehingga akan mempercepat terjadinya *fouling*.

## LAMPIRAN A

### 1. Cara Uji Padatan Tersuspensi Total (TSS) secara Gravimetric Berdasarkan SNI 06-6989.3-2004

#### Bahan dan Peralatan

- a. Kertas saring (*glass-fiber filter*) dengan beberapa jenis:
  1. Whatman Grade 934 AH, dengan ukuran pori (*Particle Retention*) 1,5  $\mu\text{m}$  (*Standar for TSS in water analysis*).
  2. Gelman type A/E, , dengan ukuran pori (*Particle Retention*) 1,0  $\mu\text{m}$  (*Standar filter for TSS/TDS testing in sanitary water analysis procedures*).
  3. E-D Scientific Specialities grade 161 (VWR brand grade 161) , dengan ukuran pori (*Particle Retention*) 1,1  $\mu\text{m}$  (*Recommended for use in TSS/TDS testing in water and wastewater*).
  4. Saringan dengan ukuran pori 0,45  $\mu\text{m}$ .
- b. Air suling
- c. Desikator yang berisi silica gel
- d. Oven, untuk pengoperasian pada suhu 103° C sampai dengan 105° C
- e. Timbangan analitik dengan ketelitian 0,1 mg
- f. Pengaduk magnetic
- g. Pipet volum
- h. Gelas ukur
- i. Cawan aluminium
- j. Cawan porselen/cawan *gooch*
- k. Penjepit
- l. Kaca arloji
- m. Pompa vacuum

#### Prosedur Pengujian

- a. Lakukan penyaringan dengan peralatan vakum. Basahi saringan dengan sedikit air suling.
- b. Aduk contoh uji dengan pengaduk magnetik untuk memperoleh contoh uji yang lebih homogen.
- c. Pipet contoh uji dengan volume tertentu, pada waktu contoh diaduk dengan pengaduk magnetik.

- d. Cuci kertas saring atau saringan dengan 3 x 10 ml air suling, biarkan kering sempurna, dan lanjutkan dengan vakum selama 3 menit agar diperoleh penyaringan sempurna. Contoh uji dengan padatan terlarut yang tinggi memerlukan pencucian tambahan.
- e. Pindahkan kertas saring secara hati-hati dari peralatan penyaring dan pindahkan ke wadah timbang aluminium sebagai penyangga. Jika digunakan cawan gooch pindahkan cawan dari rangkaian alatnya.
- f. Keringkan dalam oven setidaknya selama 1 jam pada suhu 103°C sampai dengan 105°C, dinginkan dalam desikator untuk menyeimbangkan suhu dan timbang.
- g. Ulangi tahapan pengeringan, pendinginan dalam desikator dan lakukan penimbangan sampai diperoleh berat konstan atau sampai perubahan berat lebih kecil dari 4% terhadap penimbangan sebelumnya atau lebih kecil dari 0,5 mg.

CATATAN 1 : Jika filtrasi sempurna membutuhkan waktu lebih dari 10 menit, perbesar diameter kertas saring atau kurangi volume contoh uji.

CATATAN 2 : Ukur volume contoh uji yang menghasilkan berat kering residu 2,5 mg sampai dengan 200 mg. Jika volume yang disaring tidak memenuhi hasil minimum, perbesar volume contoh uji sampai 1000 ml.

Perhitungan

$$\text{mg TSS per liter} = \frac{(A-B) \times 1000}{\text{Volume contoh uji, ml}}$$

dengan pengertian :

A = berat kertas saring + residu kering, mg

B = berat kertas kering, mg

## LAMPIRAN B

### 2. Cara Uji *Permanganate Value* (PV)

#### Penyediaan Bahan:

1. Larutan  $\text{KMnO}_4$  (stok)
  - Larutkan 3,16 gr  $\text{KMnO}_4$  dalam 1L aquades, didihkan  $\pm 10$ -15 menit
  - Biarkan di ruang gelap selama 3 hari lalu disaring memakai *glasswool*
2. Larutan  $\text{KMnO}_4$  0,01 N
  - Pipet larutan  $\text{KMnO}_4$  0,01N 100ml lalu dienerkan dengan aquades sampai 1L
3. Asam Oksalat 0,01 N
  - Timbang dengan teliti 6,3 gr asam oksalat
  - Larutkan dalam labu ukur 1L dengan aquades + 50ml  $\text{H}_2\text{SO}_4$  4N
  - Enerkan sampai tanda batas
  - Pipet larutan asam oksalat 0,1N sebanyak 100ml + 10ml  $\text{H}_2\text{SO}_4$  6N, enerkan dengan aquades dalam labu 1L
4. Larutan  $\text{H}_2\text{SO}_4$  4N bebas organik
  - Encerkan 111ml  $\text{H}_2\text{SO}_4$  pekat dengan aquades sampai 1L + larutan  $\text{KMnO}_4$  0,01N sampai warna rose
  - Didihkan selama 10 menit , jika warna rose hilang tambahkan lagi  $\text{KMnO}_4$  sampai warna rose tipis tetap

#### Prosedur

- Bebaskan Erlenmeyer dari zat organik  
Erlenmeyer dengan aquades +  $\text{KMnO}_4$  0,01N sampai warna nila/ungu, panaskan  $\pm 10$  menit , bila warna ungu hilang tambahkan lagi  $\text{KMnO}_4$  samapi warna ungu tetap setelah dipanaskan  $\pm 10$  menit. BUang air tersebut, maka Erlenmeyer telah bebas zat organik.
- Ambil 100ml sampel dan masukkan Erlenmeyer yang telah bebas organik.

Tambahkan 2ml H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 4N bebas organik + KMnO<sub>4</sub> 0,01N sampai timbul warna rose. Panaskan sampai mendidih + KMnO<sub>4</sub> 0,01N sebanyak 10ml. didihkan ±10 menit, tambahkan 10 ml asam oksalat 0,01N, bila warna nila hilang, angkat dan titrasi dengan KMnO<sub>4</sub> 0,01N sampai warna rose/ungu tipis (ml KMnO<sub>4</sub> = a ml)

$$\text{Angka KMnO}_4 = \frac{1000}{\text{ml sampel}} \times \{[(10+a) \times N \text{ KMnO}_4] - (10 \times \text{Noksalat})\} \times 31,6$$

## LAMPIRAN C

### Cara Perhitungan Nilai Fluks

Perhitungan nilai fluks untuk tiap variasi membran menggunakan rumus :

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

Dimana : J= nilai fluks (L/m<sup>2</sup>.jam)

V = volume *permeate* (L)

A = luas permukaan membran (m<sup>2</sup>)

t = waktu (jam)

### Cara Perhitungan Nilai Rejeksi (rejeksi)

Perhitungan nilai rejeksi untuk tiap variasi membran menggunakan rumus :

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

Dengan : R = nilai rejeksi (%)

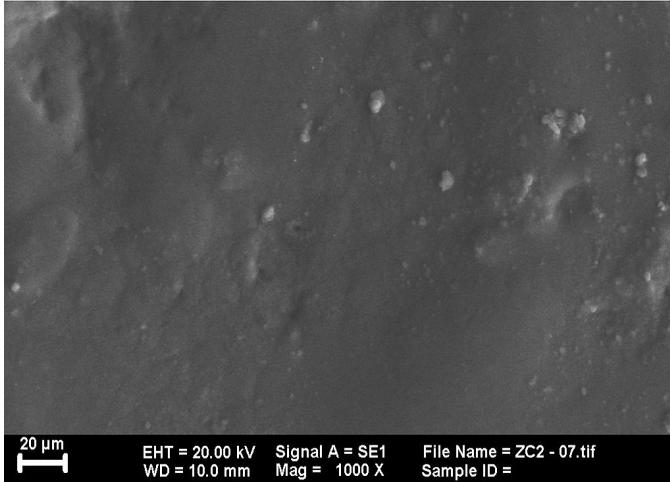
C<sub>p</sub> = konsentrasi zat terlarut dalam *permeate*

C<sub>f</sub> = konsentrasi zat terlarut dalam umpan

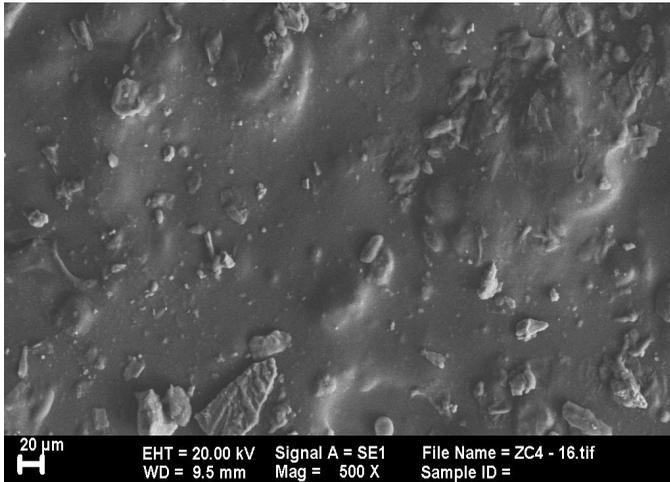


## LAMPIRAN D

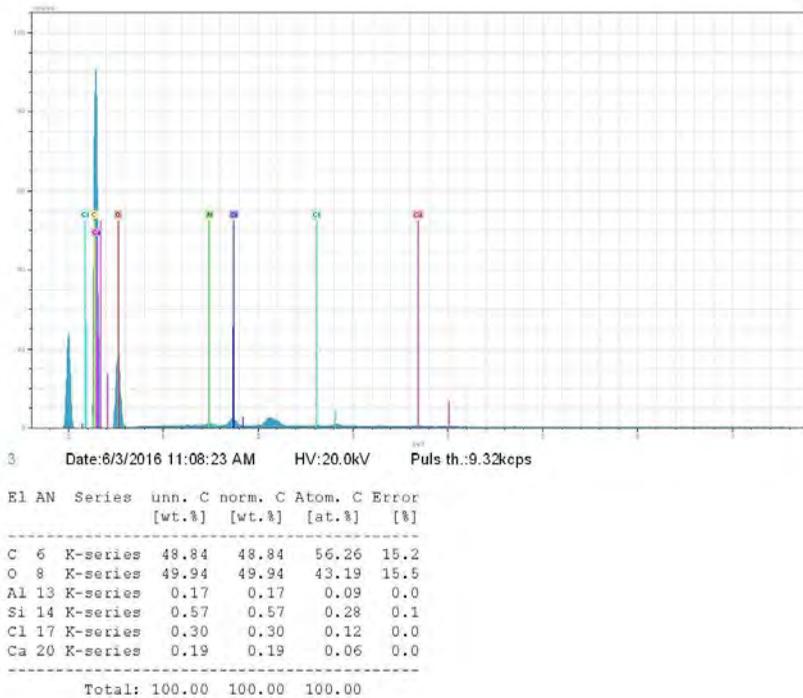
Hasil Analisa SEM



Gambar Lampiran 1. Membran yang belum digunakan dalam pembesaran 1000X.



Gambar Lampiran 2. Membran yang telah digunakan dengan pembesaran 500X.



Gambar Lampiran 3. Hasil EDX Membran

# **BAB 1**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Industri restoran/rumah makan saat ini telah berkembang cukup pesat. Berbagai jenis restoran kini telah banyak tersedia seiring dengan permintaan masyarakat. Meningkatnya jumlah rumah makan tentu akan meningkatkan jumlah air limbah sebagai produk sampingan. Menurut Thornton (2011) saat ini limbah rumah makan telah menjadi salah satu penghasil limbah domestik yang cukup banyak yaitu sebesar 17,8%. Air limbah rumah makan yang belum diolah tersebut akan menyebabkan tingginya beban pengolahan pada unit pengolahan limbah domestik karena kandungan minyak, lemak, BOD (Biological Oxygen Demand) dan TSS (Total Suspended Solid) yang tinggi (Tang et al., 2012). Padatan tersuspensi ini juga dapat menimbulkan penyumbatan pada saluran pembuangan air limbah sehingga berpotensi terjadi peluapan (Chan, 2010). Pada PP Nomor 82 Tahun 2001, tentang pengelolaan air telah diwajibkan semua air limbah yang berasal dari kegiatan domestik harus diolah terlebih dahulu sebelum dibuang ke saluran umum.

Beberapa teknik pengolahan air limbah restoran telah banyak diterapkan. Namun biasanya memerlukan lahan luas, pengoperasian yang sulit, dan tak jarang menimbulkan bau karena proses degradasi yang terjadi. Maka perlu adanya teknologi yang lebih mudah untuk diterapkan dan tidak membutuhkan ruang yang terlalu besar. Teknologi membran adalah salah satu teknologi yang cukup mudah dan juga telah banyak diterapkan baik pada pengolahan air minum maupun pengolahan air limbah.

Membran saat ini memiliki banyak sekali jenis. Beberapa jenis membran yang biasanya digunakan dalam pengolahan limbah cair adalah membran ultrafiltrasi dan membran nanofiltrasi. Hal ini karena kemampuan membran dalam melakukan penyisihan terutama penyisihan kadar organik. Membran nanofiltrasi misalnya, memiliki ukuran pori 0,001 mikron sehingga dapat melakukan penyisihan kadar organik sangat tinggi (Damayanti et al., 2011).

Material membran yang digunakan selama ini cukup bervariasi. Salah satu yang seringkali digunakan adalah zeolit. Selain karena kemampuan daya adsorbnya yang baik, zeolit adalah materi alam sehingga mudah didapatkan. Selain zeolit, material lain yang juga digunakan dalam pembuatan membran adalah kitosan. Kitosan memiliki kelebihan yaitu kekuatan yang baik dalam pembuatan film, pengolahan dan ketersediaannya melimpah (Dash et al., 2011).

Pada penelitian ini akan dilakukan analisa tentang penggunaan zeolit dan kitosan sebagai bahan pembuatan membran filter untuk mengolah air limbah rumah makan/restoran. Hasil penelitian berupa analisa terhadap parameter zat organik yang dinyatakan dalam angka permanganat dan TSS pada hasil filtrasi. Filtrasi menggunakan aliran *cross-flow* karena mampu mencegah terjadinya fouling dini pada membran. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan hasil menurunkan beban pencemaran dari limbah cair restoran khususnya oleh kandungan organik dan TSS.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Rumusan masalah dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Berapa perbandingan massa zeolit dan kitosan optimum dalam proses pembuatan membran filter untuk pengolahan limbah cair rumah makan?
2. Berapa koefisien rejeksi membran zeolit-kitosan pada variasi perbandingan massa serta variasi tekanan operasi pada membran?
3. Berapa nilai fluks membran zeolit-kitosan pada variasi massa perbandingan massa serta tekanan operasi pada membran?

## **1.3 Tujuan Penelitian**

Tujuan penelitian ini adalah:

1. Menentukan perbandingan massa zeolit dan kitosan optimum dalam proses pembuatan membran filter untuk pengolahan limbah cair rumah makan

2. Menentukan koefisien rejeksi membran zeolit-kitosan pada variasi perbandingan massa serta tekanan operasi pada membran
3. Menentukan nilai fluks membran zeolit-kitosan pada variasi perbandingan massa serta tekanan operasi pada membran.

#### **1.4 Ruang Lingkup**

Ruang lingkup penelitian ini adalah:

1. Sampel air limbah yang digunakan pada penelitian ini adalah limbah cair dari Rumah Makan XYZ di Sukolilo, Surabaya
2. Variabel yang digunakan adalah perbandingan massa zeolit dan kitosan pada pembuatan membran yaitu 2:1, 1:1 dan 1:2 serta tekanan operasi pada membran yang digunakan yaitu 1,5 bar dan 2 bar
3. Metode pembuatan membran menggunakan metode infersi fasa
4. Proses filtrasi menggunakan aliran cross-flow
5. Parameter penelitian adalah TSS dan Zat Organik dalam angkapermanganat (PV Value).

#### **1.5 Manfaat Penelitian**

Penelitian ini diharapkan memberi manfaat sebagai berikut:

1. Memberikan referensi tentang teknologi membran terutama pada pengolahan limbah cair rumah makan
2. Menambah referensi penelitian pembuatan membran filter dengan material pembuatan berupa zeolit dan kitosan yang telah diketahui dapat digunakan dalam pengolahan limbah cair
3. Memberikan alternatif pengolahan limbah cair rumah makan menggunakan membran zeolit-kitosan.

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

## **BAB 2**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Air Limbah**

##### **2.1.1 Definisi Air Limbah**

Menurut Metcalf dan Eddy (2012) limbah adalah cairan yang dibuang dari rumah tangga, industri maupun tempat umum lain yang mengandung bahan yang dapat membahayakan kehidupan manusia maupun makhluk hidup lain serta mengganggu kelestarian lingkungan. Pada penelitian ini limbah yang dimaksudkan adalah limbah cair dari restoran/rumah makan.

##### **2.1.2 Karakteristik Air Limbah Restoran**

Limbah cair restoran berasal dari kegiatan produksi di dapur, pencucian bahan dan peralatan masak dan lainnya, membersihkan lantai serta limbah cair sisa produksi. Akibatnya limbah cair ini mengandung berbagai zat terutama zat organik dengan konsentrasi yang tinggi yang berasal dari bumbu perasa, rempah-rempah, dan sisa potongan atau rebusan bahan makanan. Ditambah lagi sisa sabun pembersih lantai, pencuci perabotan dapur yang tinggi fosfat biasanya dibuang pada saluran pembuang.

Tidak seperti kebanyakan negara-negara maju di mana restoran limbah dibuang ke saluran yang mengarah ke tempat pengolahan limbah komunal, limbah yang dihasilkan oleh restoran lokal sebagian besar dibuang ke saluran air tanpa yang tepat di pengolahan sebelumnya. Situasi ini akan lebih buruk dengan kurangnya kesadaran oleh masyarakat umum di pemilik restoran tertentu isu pengelolaan air limbah. Tentunya limbah ini tidak baik jika langsung dibuang ke badan air atau lingkungan karena akan menyebabkan peningkatan beban pencemaran. Selain itu juga dapat menyebabkan penyumbatan pada pipa penyaluran limbah.

Selanjutnya, kehadiran minyak dan lemak dalam air limbah juga cenderung cepat busuk sehingga menghasilkan bau yang tidak menyenangkan ketika diolah dengan pengolahan aerobik dan / atau anaerobik. Walaupun metode pengolahan tersebut bisa menghilangkan minyak dan lemak dari air limbah, namun ukuran reaktor dan biaya operasi membuat proses tidak

dapat diterima bagi sebagian besar restoran di kota kecil (Chu, 1999).

Kandungan cemaran pada limbah cair rumah makan hamper sama dengan kandungan pencemaran pada limbah cair domestik pada umumnya. Selengkapnya karakteristik limbah cair domestik tertera pada Tabel 2.1.

**Tabel 2. 1 Kandungan Limbah Cair Domestik**

Cemaran	Konsentrasi (mg/l)	
	Kisaran	Rata Rata
Tersuspensi	100-350	220
Terlarut	250-850	500
Minyak dan Lemak	50-150	100
BOD	110-400	220
COD	250-100	500
TOC	80-290	160
Nitrogen organik	8-35	15
Ammonium	12-50	25
Phospatorganik	1-5	3
Phospat anorganik	3-10	5
Klorida	30-100	50
Alkalinitas	50-200	100

Sumber : Sumarno,2002

Secara lebih spesifik, dalam Tabel 2.2, berikut adalah besaran beberapa parameter utama pada limbah cair rumah makan yang didapatkan dari beberapa penelitian yang pernah dilakukan sebelumnya.

**Tabel 2. 2 Karakteristik Limbah Cair Rumah Makan**

Parameter	Hasil Uji	Satuan
TSS	405*	mg/l
TDS	483*	mg/l
BOD	260,15*	mg/l
COD	1241,44*	mg/l
Fosfat	3,52**	mg/l
Amonium	140,08**	mg/l
Minyak dan Lemak	19228***	mg/l

Sumber : \*Ariani *et al.*, (2014)

\*\*Maharani (2013)

\*\*\*Solihah (2014)

Limbah cair rumah makan/restoran terlihat memiliki kandungan suspensi solid dan zat organik cukup tinggi. Jika dibandingkan dengan hasil penelitian yang dilakukan Sumarno (2002) dimana rata-rata padatan tersuspensi sebesar 220 mg/l dan penelitian Ariani pada 2014 dimana menunjukkan 405 mg/l, maka kandungan TSS ini telah melebihi batas yang diperbolehkan yaitu sebesar 30 mg/l.

Total padatan tersuspensi (TSS) adalah polutan yang dianggap sebagai salah satu polutan utama yang memberikan kontribusi untuk penurunan kualitas air, memberikan kontribusi untuk biaya yang lebih tinggi untuk pengolahan air, penurunan sumber daya ikan, dan estetika umum air (Bilotta dan Brazier, 2008). Total padatan tersuspensi (TSS) digunakan sebagai salah satu pengukuran kualitas air. Sejak lama telah banyak dipelajari cara menyisihkan padatan tersuspensi dari badan air karena dampaknya yang merugikan pada kualitas air. Dalam mengelola sumber daya dari badan air mengetahui konsentrasi padatan tersuspensi sangat penting. Oleh karena itu, pengendalian, pengukuran, dan removal terhadap padatan tersuspensi sangat penting untuk pemurnian air (Altunkaynak, 2010; Mulligan *et al.*, 2009). Kehadiran padatan tersuspensi (SS) di dalam air menyebabkan estetika masalah dari badan air dan degradasi ekologis serius dari lingkungan perairan sedangkan emulsi minyak

dalam air limbah sering menyebabkan penyumbatan peralatan proses dan keterbelakangan pengobatan biologis air limbah.

Zat organik dapat diindikasikan dalam nilai permanganat (PV). Nilai permanganat adalah ukuran jumlah oksigen yang diperoleh dari kalium permanganat yang diperlukan untuk mengoksidasi polutan organik dan anorganik yang mudah teroksidasi dalam sampel air limbah (Uwidia, 2011). Penentuan nilai permanganat (PV) untuk air limbah dapat membantu menunjukkan kebutuhan oksigen dari aliran limbah selama pengolahan dan sebelum dibuang ke badan air. Nilai PV merupakan konsentrasi bahan dalam aliran limbah yang teroksidasi oleh kalium permanganat dalam kondisi asam. Hal ini sering direpresentasikan sebagai jumlah oksigen yang dikonsumsi per liter air ( $\text{mg} / \text{L O}_2$  atau  $\text{ppm O}_2$ ). Seperti COD, penggunaan agen pengoksidasi dan kondisi asam dirancang untuk mempercepat kimia dan oksidasi mikroba dari bahan organik yang terjadi di perairan alami. Nilai permanganat dapat digunakan langsung untuk mengukur kualitas air atau dapat dikonversi untuk memberikan perkiraan COD, BOD atau TOC nilai (Palintestcrew, 2016).

### 2.1.3 Baku Mutu Air Limbah Rumah Makan

Baku mutu air limbah adalah standar baku yang telah ditetapkan sebagai ambang batas diperbolehkannya suatu kegiatan untuk membuang air limbahnya dengan parameter tertentu yang tercantum didalamnya. Baku mutu air limbah efluen rumah makan yang digunakan adalah Peraturan Gubernur Nomor 72 Tahun 2013. Hal ini karena peraturan tersebut adalah yang terbaru dan berlaku saat ini. Berikut parameter efluen yang telah ditetapkan terdapat pada Tabel 2.3.

**Tabel 2. 3 Baku Mutu Air Limbah Domestik (permukiman, Rumah Makan, Perkantoran, Perniagaan, Apartemen, Perhotelan dan Asrama)**

Baku Mutu Air Limbah Domestik Volume Limbah Cair Maksimum 120l/(org.hari)	
Parameter	Kadar Maksimum ( mg/l)
BOD <sub>5</sub>	30

Baku Mutu Air Limbah Domestik Volume Limbah Cair Maksimum 120l/(org.hari)	
COD	50
TSS	50
Minyak dan Lemak	10
pH	6-9

Sumber: Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 Tahun 2013

Jika dibandingkan, karakteristik limbah cair restoran melebihi dari baku mutu yang berlaku. Sehingga perlu adanya pengolahan yang tepat untuk menurunkan beban pencemaran tersebut. Baku mutu ini hanya digunakan sebagai pembanding saja.

## **2.2 Membran**

### **2.2.1 Definisi Membran**

Membran adalah lapisan tipis yang dapat digunakan untuk memisahkan komponen yang berbeda berdasarkan sifat permeabilitasnya. Perbedaan sifat permeabilitas inilah yang menunjang proses membran untuk diterapkan di hampir seluruh bidang terutama industri kimia. Pemisahan menjadi aplikasi industri yang utama pada teknologi membran selama 15 tahun terakhir tetapi sebenarnya studi pemisahan telah dimulai jauh sebelum periode itu (Baker, 2004).

Penelitian tentang sifat permeabilitas dan fenomena osmosis, pertama kali dipublikasikan oleh Abbe Nolet seorang peneliti berkebangsaan Perancis tahun 1748 (Mulder, 1996). Dengan banyak keunggulan, penggunaan membran juga mempunyai keterbatasan yaitu terjadinya fouling atau porasisasi konsentrasi pada membran, dan jangka hidup membran yang relatif singkat (Mulder, 1996).

Bahan pembuatan membran terdiri dari bahan alami dan bahan sintesis. Bahan alami adalah bahan yang berasal dari alam misalnya pulp dan kapas, sedangkan bahan sintesis dibuat dari bahan kimia, misalnya polimer (Abanmy dan Yoshio, 1992). Membran berfungsi memisahkan material berdasarkan ukuran dan bentuk molekul, menahan komponen dari umpan yang mempunyai ukuran lebih besar dari pori-pori membran dan melewatkan

komponen yang mempunyai ukuran yang lebih kecil. Larutan yang mengandung komponen yang tertahan disebut konsentrat dan larutan yang mengalir disebut permeat. Filtrasi dengan menggunakan membran selain berfungsi sebagai sarana pemisahan juga berfungsi sebagai sarana pemekatan dan pemurnian dari suatu larutan yang dilewatkan pada membran tersebut.

Menurut Mulder (1996) Molekul atau partikel yang dipindahkan melalui membran dari fasa satu ke fasa yang lain disebabkan oleh adanya:

Gradien temperature ( $\Delta T$ )

Gradien konsentrasi ( $\Delta C$ )

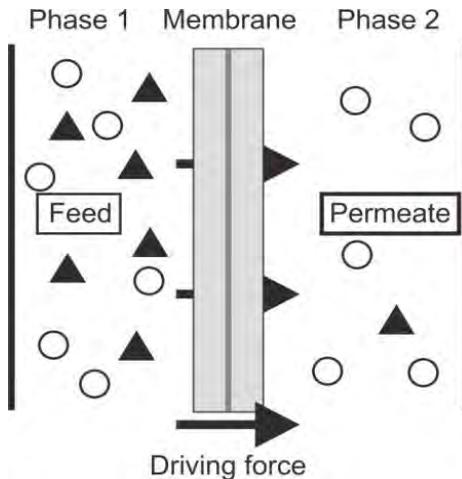
Gradien tekanan ( $\Delta P$ )

Gradien energi ( $\Delta E$ )

Skema proses yang terjadi pada membran dapat dilihat pada Gambar 2.1.

Menurut Agustina (2005) teknologi membran memiliki beberapa keunggulan dibandingkan dengan proses lain, antara lain:

- Pemisahan dapat dilakukan secara kontinyu.
- Konsumsi energi umumnya relatif lebih rendah.
- Proses membran dapat mudah digabungkan dengan proses pemisahan lainnya (*hybrid processing*).
- Pemisahan dapat dilakukan dalam kondisi yang mudah diciptakan.
- Mudah dalam *scale up*.
- Tidak perlu adanya bahan tambahan.
- Material membran bervariasi sehingga mudah diadaptasikan pemakaiannya.



**Gambar 2. 1** Proses pemisahan pada membran (Mulder, 1996)

## 2.2.2 Klasifikasi Membran

Prinsip dasar dari penggunaan membran dalam pengolahan limbah cair adalah pemisahan berdasarkan kecepatan transfer antara masing-masing substansi sehingga yang dapat dilewati ion-ion tertentu. Sifat membran yang ramah dan mudah menjadikan teknologi ini banyak digunakan dalam pengolahan limbah cair.

Klasifikasi membran berdasarkan gradient tekanan terbagi menjadi 4 macam membran, yaitu membran mikrofiltrasi (MF), membran ultrafiltrasi (UF), membran nanofiltrasi (NF) dan membran Reverse Osmosis (RO). Membran MF bekerja pada tekanan sekitar 0, 1-2 bar dan batasan permeabilitasnya lebih besar dari 50 L/m<sup>2</sup>.jam.bar. Membran UF bekerja pada tekanan 1-5 bar dengan batasan permeabilitas 10-50 L/m<sup>2</sup>.jam.bar. Membran NF bekerja pada tekanan antara 5-20 bar dengan batasan permeabilitas mencapai 1,4-12 L/m<sup>2</sup>.jam.bar. Dan membran RO bekerja pada tekanan 10-100 bar dengan batasan permeabilitas mencapai 0, 05-1, 4 L/m<sup>2</sup>.jam.bar (Mulder, 1996).

**Tabel 2. 4 Jenis Membran Berdasarkan Fungsinya**

No.	Jenis Membran	Ukuran Pori	Fungsi
1	Mikrofiltrasi	0,1 – 5 $\mu\text{m}$	Memisahkan koloid dan suspense
2	Ultrafiltrasi	1 – 100 nm	Memisahkan makromolekul
3	Nanofiltrasi	< 2 nm	Memisahkan komponen terlarut yang mempunyai berat molekul rendah
4	Reverse Osmosis (RO)	< 2 nm	Memisahkan komponen terlarut dengan berat molekul rendah

Sumber : Mulder, 1996

Mikrofiltrasi dapat memisahkan bakteri dan mikroorganisme patogen. Pada tingkat removal virus, membran yang dapat digunakan adalah jenis Ultrafiltrasi, Nanofiltrasi, dan *Reverse Osmosis*. Kemampuan RO yang tidak dapat dilakukan oleh jenis membran lainnya adalah mampu menghilangkan sebagian besar padatan termasuk garam terlarut dan ion logam (WEF, 2006). Membran Nanofiltrasi merupakan membran dimana mekanisme pengoperasiannya terdiri dari penyaringan secara fisik maupun *solution/diffusion* dan *exclusion*. *Molecular weight cutoff* pada 300-1000 Da dengan ukuran pori 0,001-0,01 mikron. Tekanan operasi yang dibutuhkan adalah 70-220 Psi (482,3-1515,8 kPa) (Stephenson *et al.*, 2010).

Klasifikasi membran yang lainnya yaitu berdasarkan bahan baku yang digunakan. Terdiri dari dua jenis yaitu membran organik dan membran anorganik. Membran sintesis ini dapat diproduksi dalam jumlah yang besar dari berbagai material.

a. Membran organik

Bahan yang digunakan pada umumnya adalah jenis selulosa. Polimer hidrofilik biasanya digunakan karena tergolong bahan yang murah, memiliki kemampuan adsorpsi yang rendah, dan digunakan pada poses hemodialysis, penyebaran udara dan *pressure-driven*. Pada pengolahan air, penggunaan membran ester selulosa memiliki keuntungan dalam ketahanan terhadap klorin walaupun cenderung sensitive terhadap asam dan hidrolisis alkali, suhu serta degradasi biologis.

Membran polimer hidrofilik lainnya yaitu polyamides. *Polyamides aromatic* memiliki ketahanan terhadap suhu dan memiliki kestabilan hidrolitik yang lebih baik dibandingkan ester selulosa. Polimer lainnya yang secara luas digunakan adalah *polysulphone* (PSf), dan *polyethersulphone* (PES). Polimer ini tidak memiliki sifat hidrofilik dan ketahanan terhadap adsorpsi tinggi, namun memiliki kestabilan terhadap bahan kimia, mekanikal dan suhu. Umumnya, bahan ini digunakan pada membran UF, ataupun sebagai membran hemodialysis. Beberapa membran PES dan PSf dimodifikasi dengan memadukan polimer hidrofilik untuk membuat membran yang memiliki *antifouling* yang lebih baik.

Polimer lainnya yaitu *polytetrafluoroethylene* (PTFE), *polyvinylidene fluoride* (PVDF), *polyethylene* (PE), *polycarbonate* (PC) atau *isotati polypropylene* (PP). Pada membran mikrofiltrasi, PP sering digunakan walaupun sangat sensitive terhadap klorin.

b. Membran Anorganik

Pada umumnya material anorganik merupakan bahan yang paling tinggi stabilitasnya terhadap bahan kimia, mekanikal dan suhu. Material ini di sisi lain memiliki kekurangan yaitu rapuh dan lebih mahal dibandingkan membran berbahan polimer. Salah satu bahan anorganik yang banyak digunakan adalah kramik baik dalam bentuk oksida, nitrid atau karbit dari senyawa logam seperti aluminium, zirconium atau titanium.

Berdasarkan morfologinya, membran diklasifikasikan menjadi dua yaitu membran asimetrik dan membran simetrik. Penampang membran pada umumnya terdiri dari dua lapisan berupa lapisan sangat tipis dibagian atas (*skin*) dan lapisan bawah yang lebih tebal. *Skin* ini sangat mempengaruhi selektivitas serta *flux* yang didapatkan pada pengoperasian membran. Klasifikasi berdasarkan morfologi membran menurut Mallevalle (1996) dapat dibedakan menjadi tiga antara lain :

- a. Membran simetrik merupakan membran yang memiliki morfologi homogen,
- b. Membran asimetrik merupakan membran yang memiliki morfologi pada bagian atas berbeda dengan bagian bawah
- c. Membran komposit merupakan membran yang terbuat dari dua jenis bahan yang berbeda.

### 2.2.3 Permeabilitas Membran

Permeabilitas menyatakan ukuran kecepatan suatu spesi tertentu untuk melewati membran. Membran yang baik adalah membran yang mempunyai permeabilitas yang besar. Metode permeabilitas digunakan dengan asumsi daya kapilaritas melalui pori membran. Secara kuantitas, permeabilitas membran sering dinyatakan sebagai fluks atau koefisien permeabilitas. Definisi dari fluks adalah jumlah volume permeate yang melewati satuan luas membran dalam waktu tertentu dengan adanya gaya dorong dalam hal ini berupa tekanan. Secara umum fluks dapat dirumuskan sebagai (Mulder, 1996):

$$J = \frac{V}{A \times t} \dots\dots\dots (2.1)$$

Dimana :

- J = Fluks (L/m<sup>2</sup>.jam)
- V = Volume permeat (l)
- A = Luas permukaan membran (m<sup>2</sup>)
- t = Waktu (jam)

Berikut adalah kisaran nilai fluks dan tekanan:

**Tabel 2. 5 Kisaran nilai fluks dan tekanan**

No	Jenis membran	Tekanan (Atm)	Kisaran nilai fluks
1	Mikrofiltrasi	0,1-2,0	>50
2	Ultrafiltrasi	1,0-5,0	10-50
3	Nanofiltrasi	5,0-20,0	1,4-12
4	Osmosis Balik	10,0-100,0	0,05-1,4

Sumber : Mulder (1996)

### 2.2.4 Permeselektivitas Membran

Permeselektivitas adalah ukuran kemampuan suatu membran untuk menahan atau melewatkan suatu tertentu. Permeselektivitas membran digambarkan oleh besarnya koefisien rejeksi (R). Koefisien rejeksi dirumuskan dirumuskan sebagai berikut:

$$R = 1 - \frac{C_p}{C_f} \times 100\% \dots \dots \dots (2.2)$$

Dimana :

- R = Koefisien rejeksi (%)
- C<sub>p</sub> = Konsentrasi zat terlarut dalam permeat
- C<sub>f</sub> = Konsentrasi zat terlarut dalam umpan  
(*feed*)

### 2.2.5 Teknik Pembuatan Membran

Membran dapat dibuat dengan menggunakan semua jenis material sintetik yang berbeda. Material yang digunakan dapat berupa anorganik seperti logam, keramik, gelas atau organik mencakup semua polimer. Tujuannya adalah untuk memodifikasi material melalui teknik yang cocok untuk pemisahan yang spesifik. Teknik pembuatan membrane antara lain (Mulder, 1996):

#### a. *Sintering*

Bahan membran yang digunakan adalah bubuk yang memiliki ukuran partikel tertentu. Bubuk tersebut ditekan dan dipanaskan pada suhu yang tinggi, sehingga antar muka partikel yang berdekatan akan menghilang dan timbul pori-pori. Teknik ini digunakan untuk menghasilkan membrane mikrofiltrasi organik dan anorganik yang berpori dengan ukuran pori antara 0,1 – 10 µm. Skema proses sintering dapat dilihat pada Gambar 5.6.

#### b. *Stretching*

Bahan yang digunakan adalah polimer semikristalin. Polimer semikristalin tersebut ditarik searah dengan arah ekstrusi, sehingga bagian kristalin dari polimer akan terletak sejajar dengan arah ekstrusi. Porositas membrane yang dihasilkan dengan teknik ini lebih banyak dibandingkan dengan teknik sintering. Pori yang terbentuk berukuran 0,1 – 3 µm.

#### c. *Track-etching*

Membran dari polimer ditembak dengan partikel radiasi berenergi tinggi pada arah tegak lurus terhadap membrane. Partikel radiasi akan membentuk lintasan pada matriks membrane. Pada saat membrane dimasukkan ke dalam bak asam atau basa, maka polimer akan terbentuk sepanjang lintasan. Pori yang dihasilkan berukuran seragam (simetris) dan distribusi pori sempit (porositas menurun). Ukuran pori yang diperoleh berkisar antara 0,02 – 10 µm.

#### d. *Template leaching*

Teknik ini dilakukan dengan melepas salah satu komponen film sehingga dihasilkan membrane berpori. Ukuran pori yang dihasilkan bervariasi dengan ukuran minimum sekitar 5 nm atau 0,005  $\mu\text{m}$ .

#### e. *Coating*

Polimer membran yang rapat akan menghasilkan nilai fluks yang rendah. Untuk meningkatkan laju fluks, maka ketebalan membrane harus diperkecil dengan membentuk membrane komposit. Membrane komposit terdiri atas dua material. Material yang sangat selektif diletakkan di bagian atas membrane. Sedangkan lapisan di bawahnya dilapisi dengan material berpori besar.

#### f. *Phase inversion* (Inversi fasa)

Inversi fasa adalah proses transformasi polier dari fasa cair ke fasa padat dengan kondisi terkendali. Proses pengendapan diinisiasi oleh keadaan transisi dari satu cairan menjadi dua cairan yang saling campur (*liquid-liquid demixing*). Selama pencampuran, salah satu fasa cair yang mengandung polimer berkonsentrasi tinggi akan memadat dan membentuk matriks sehingga morfologi membran dapat diatur.

### 2.2.6 Jenis Aliran Pada Pengoperasian Membran

#### 1. Aliran *Dead-end*

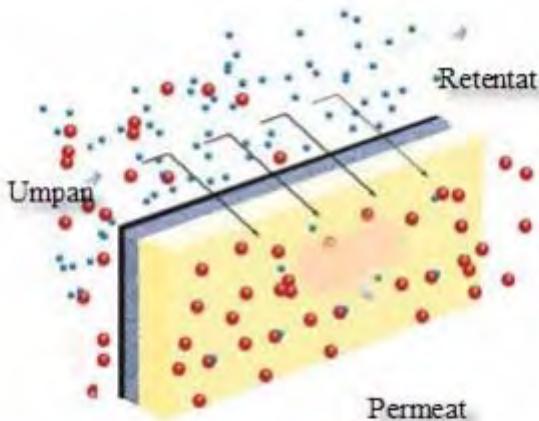
Pada sistem *dead-end*, keseluruhan dari fluida melewati membran (sebagai media filter) dan partikel tertahan pada membran, dengan demikian fluida umpan mengalir melalui tahanan membran dan tahanan penumpukan partikel pada permukaan membran (Mallack dkk., 1997).

#### 2. Aliran *Cross-Flow*

Aliran *cross-flow* adalah aliran yang mengalir secara sejajar. Aliran ini sering digunakan untuk membran filtrasi jika dibandingkan dengan aliran *dead-end*. Keunggulan aliran ini karena dapat mencegah *fouling* (sumbat). Pemampatan yang terjadi pada membran berbanding lurus dengan besarnya tekanan dan suhu. Biasanya *fouling* terjadi berupa penumpukan unsur dalam air umpan pada permukaan membran, pembentukan endapan kimia karena bahan kimia pada air umpan atau berupa

kerusakan membran karena adanya substansi kimia yang bereaksi dengan membran atau agen biologis yang dapat membentuk koloni pada membran (Metcalf dan eddy, 2012).

Selain itu, dikenal tiga istilah aliran pada pengoperasian membran yaitu aliran *feed*, aliran *retentate*, dan aliran *permeate*. Aliran *feed* adalah aliran dari zat yang akan dilewatkan pada membran filtrasi. Sedangkan *permeate* adalah aliran dari hasil proses filtrasi membran yang dilakukan. Istilah *retentate* yaitu merupakan aliran yang tidak melewati membran. Apabila dalam suatu sistem membran tidak terdapat aliran *retentate*, maka aliran sistem tersebut disebut sistem *dead-end* (Judd dan Jefferson, 2003). Pada aliran *dead-end*, keseluruhan dari fluida melewati membran dan partikel tertahan pada membran sehingga menumpuk pada lapisan permukaan membran (Notodarmojo et al., 2004).



**Gambar 2. 2** Proses Pemisahan membran  
(Maryana, 2007)

### 2.2.7 Pencucian Membran

Pencucian membran dapat didefinisikan sebagai proses dimana material dihilangkan dari zat-zat yang bukan bagian dari material tersebut. Pencucian membran merupakan usaha agar permukaan aktif tetap bersih dan proses yang sangat penting

dalam mewujudkan operasi membran yang efisien serta menjamin tingkat kemurnian produk (Wenten, 1995).

Metode-metode untuk pencucian membran setelah terbentuknya fouling didasari pada metode diantaranya secara hidrolis dan penggunaan bahan kimia. Metode yang digunakan bergantung pada proses pemisahan dan konfigurasi modulnya. Pencucian membran secara hidrolis dilakukan dengan pembilasan balik (*backflushing*) dari air bersih melalui membran. Pencucian membran menggunakan bahan kimia merupakan metode yang sangat penting dan secara luas digunakan untuk mengendalikan fouling pada proses pemisahan menggunakan membran.

Teknik-teknik untuk penghilangan (pembersihan) endapan dari membran yang mengalami fouling di antaranya secara kimia (menggunakan bahan kimia), secara mekanis (osmosis langsung, pembilasan) dan kombinasi secara mekanis dan menggunakan pembersih membran yang diformulasikan khusus. Pencucian membran menyebabkan bahan kimia bereaksi dengan endapan, kerak, produk korosi dan foulant yang lainnya. Bahan kimianya dapat diklasifikasikan sebagai asam, alkali dan produk yang diformulasikan (Pinem, 2010).

Membran yang terkotori menyebabkan berkurangnya kecepatan fluks dan efisiensi operasi. Fouling akan menyebabkan shutdown yang tidak teratur, waktu operasi hilang dan menyebabkan penggantian membran. Proses pencucian membran didasari oleh dua tipe operasi yaitu:

- a. Operasi pembilasan yang menghilangkan lapisan tipis cair atau partikel yang menempel pada permukaan. Pada pre-rinsing (pembilasan awal) terjadi penghilangan bahan biologis, sedangkan pembilasan lainnya menitik beratkan pada residu pencuci (deterjen, desinfektan).
- b. Operasi pencucian yang menghilangkan pengotor yang menempel kuat pada permukaan.

Teknik untuk menghilangkan endapan dapat dilakukan secara kimia (penggunaan bahan kimia), mekanikal (osmosis langsung, *flushing*, dan *spongeball*, *air sparging* dan lain lain) serta kombinasi antara mekanikal, ultrasonik dan pencucian kimia, namun yang paling sering digunakan adalah pencucian kimia khususnya menggunakan membran terformulasi (Wenten, 1995).

Menurut Wenten (1995) tiga macam bahan pencuci yang sering digunakan dalam menghilangkan endapan dari membran adalah sebagai berikut:

1. Bahan basa dan bahan asam, yang terdiri dari *dissolution*, *peptizing*, dan bahan yang mempunyai sifat mendispersi kotoran tapi menyebabkan korosi.
2. Bahan aktif permukaan (surface active agent) yaitu bahan yang menambah sifat pembasahan dari larutan, mengurangi tegangan permukaan dan mempunyai efek mengemulsi dan mendispersi kotoran.
3. Bahan pengkhelat (*chelating agent*) yaitu bahan yang mampu meredeposisi.

#### 2.2.8 Karakterisasi Membran

Berbagai metode karakterisasi membran untuk filtrasi telah dikembangkan. Metode ini diklasifikasikan:

1. Metode fisik untuk menentukan ukuran pori dan distribusi ukuran pori membran
2. Metode yang didasarkan pada performa rejeksi molekul partikel

Dengan menggunakan pengukuran ukuran pori dan distribusinya, performa rejeksi dapat dihitung. Penggambaran model fenomena perpindahan dalam membran dibutuhkan untuk memperoleh informasi ukuran pori untuk rejeksi (Wenten, 1995).

Pada penelitian karakterisasi membran dilakukan dengan menguji struktur membran menggunakan *Fourier Transform Infraed* (FTIR) dan SEM (*Scanning Electron Microscopy*).

##### ➤ *Fourier Transform Infraed* (FTIR)

*Fourier* atau *Fourier transform infrared* (FTIR) merupakan suatu teknik pengukuran spektrum berdasarkan pada respon dari radiasi elektromagnetik. FTIR digunakan terutama untuk analisis kualitatif dan kuantitatif suatu senyawa organik. FTIR dapat pula digunakan untuk penentuan struktur molekul suatu senyawa anorganik. Hal ini dapat diaplikasikan dalam menganalisa sampel. Karakterisasi dengan menggunakan FTIR memiliki beberapa kelebihan diantaranya dapat mendeteksi sinyal yang lemah, dapat menganalisa sampel pada konsentrasi yang sangat rendah, serta

dapat mempelajari daerah antara  $950\text{-}1500\text{ cm}^{-1}$  untuk larutan senyawa (Rabek, 1980).

Spektroskopi FTIR bekerja berbeda dengan cara konvensional (gelombang kontinu). Sampel dikenai radiasi elektromagnetik dan responnya (intensitas dari radiasi yang diteruskan) diukur. Energi dari radiasi tersebut bervariasi dalam jarak tertentu dan responnya diplot dalam suatu fungsi radiasi energi (frekuensi). Walaupun radiasi elektromagnetik ini bervariasi, dengan transformasi Fourier sampel yang diradiasi bisa dinyatakan dalam satu pulsa tunggal. Karena resonansi dari suatu sampel dapat bervariasi, maka digunakan operasi matematika yang disebut dengan transformasi Fourier sehingga sinyal tersebut dapat dihitung menjadi suatu frekuensi tertentu. Dengan cara ini, FTIR dapat menghasilkan spektrum yang sama dengan spektrometer biasa namun dengan waktu yang lebih singkat.

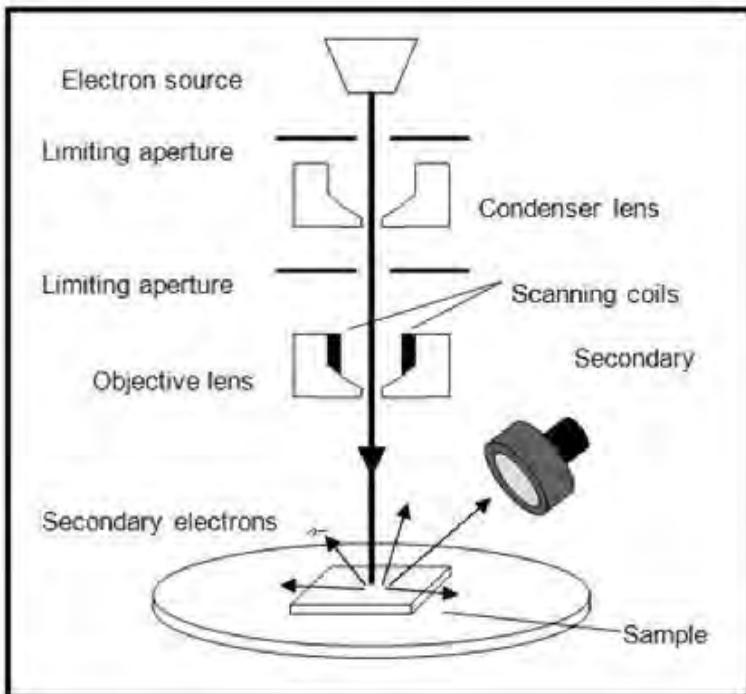
FTIR sangat berguna untuk penelitian struktur polimer. Hal ini disebabkan spektrum-spektrum bisa disusun, disimpan, dan ditransformasikan dalam hitungan detik. Teknik ini memudahkan penelitian reaksi-reaksi polimer seperti degradasi atau ikat silang. FTIR bermanfaat dalam meneliti polipaduan polimer. Sementara paduan yang lain yang tidak campur memperlihatkan suatu spektrum IR yang merupakan penggabungan dari spektrum homopolimer, spektrum polipaduan yang dapat campur adalah penggabungan dari tiga komponen, yaitu dua spektrum homopolimer dan satu spektrum interaksi yang timbul dari interaksi kimia atau fisika antara homopolimer-homopolimer (Stevens, 2001).

➤ SEM (*Scanning Electron Microscopy*)

Teknik pengujian ini dapat digunakan untuk mengetahui struktur permukaan dan penampang melintang suatu polimer menggunakan mikroskop elektron. SEM juga dapat mengetahui distribusi pori, geometri pori, ukuran pori dan porositas pada permukaan. Prinsip kerja SEM dimulai dengan berkas elektron primer dengan energi kinetik  $1\text{-}25\text{ kV}$  mengenai sampel membran. Setelah mengenai membran elektron tersebut direfleksikan atau dipancarkan. Elektron yang direfleksikan ini disebut dengan elektron sekunder yang akan muncul dan menentukan perbesaran

yang teramati pada layar micrograph pada alat SEM (Mulder, 1996).

Kekurangan SEM adalah sampel dapat rusak dan terbakar tergantung dari jenis polimer dan votase. Agar tidak rusak dan terbakar, sampel harus dibungkus dengan lapisan konduktor berupa lapisan emas. Kekurangan lainnya adalah pengeringan dari sampel yang basah, karena gaya kapiler juga ikut terlibat dalam rusaknya struktur. Hal ini dapat diatasi dengan cryounit atau mengganti air di dalam membran dengan cairan yang mempunyai tegangan permukaan lebih rendah (Wenten, 1995).



**Gambar 2. 3** Diagram skematik SEM  
(Zadeh, 2007)

### 2.3 Zeolit dan Kitosan

Kitosan merupakan biopolymer polikationik yang terbentuk dari rantai lurus, dari ikatan 2-amino-2-deoksi-D-glukopiranosida yang berulang-ulang (Thatte, 2004). Kitosan larut dalam pelarut organik dalam air, namun sedikit terlarut dalam HCl, HNO<sub>3</sub>, dan H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> 0,5%. Sedangkan pada basa kuat seperti H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> kitosan tidak larut sama sekali. Kualitas kitosan sangat dipengaruhi oleh viskositasnya. Viskositas kitosan sendiri dipengaruhi oleh faktor antara lain derajat deasetilasi, berat molekul, konsentrasi pelarut, kekuatan ionik, pH, dan temperatur. Kitosan adalah polisakarida kedua yang paling melimpah di bumi setelah selulosa. Sebagai sumber yang daya yang dapat diperbaharui, kitosan mempunyai kemampuan contohnya sebagai antimicrobial, non-toksik dan mudah dibiodegradasi (Prakash, 2012).

Sedangkan Zeolit terdiri dari silika, aluminium dan oksigen. Atom silikon dan aluminium berbentuk tetrahedral dengan penggunaan bersama oksigen. Zeolit memiliki sifat yang stabil pada suhu lebih dari 500 C. Zeolit memiliki macam-macam ukuran dan struktur pori. Keberagaman ini dikarenakan oleh variasi koneksi TO<sub>4</sub> (Ti =Si atau Al) tetrahedral (Feng dkk, 2015). Zeolit dapat dimanfaatkan sebagai bahan filter karena kemampuannya dalam memisahkan molekul berdasarkan ukuran, bentuk, polaritas, dan derajat kejenuhan. Sebelum digunakan, untuk meningkatkan kemampuannya zeolit dapat diaktivasi terlebih dahulu. Proses aktivasi secara fisika bertujuan menghilangkan zat organik pengotor. Dan aktivasi secara kimia berfungsi menghilangkan pengotor anorganik. (Ertan, 2005).

Kelebihan zeolit yang menjadikannya banyak digunakan dalam pembuatan membran adalah kemampuan zeolit dalam menyeleksi pertukaran ion, pori zeolit dapat menyimpan beberapa molekul serta dapat menyeleksi ukuran molekul tertentu, dapat menjadi katalis solid bersifat asam serta keadaannya yang stabil dalam keadaan pH dan suhu tertentu ( Akbary, 2009). Sintesis dan modifikasi yang dilakukan terhadap pasir zeolit seperti perlakuan asam dan substitusi isomorfis ternyata mampu memperbaiki karakter pasir zeolit antara lain dalam peningkatan keasaman, kristalinitas, luas permukaan spesifik dan rasio Si/Al serta hilangnya pengotor-pengotor (Lestari, 2010).

## 2.4 Penelitian Terdahulu

Penelitian yang pernah dilakukan oleh Akbar (2010) merupakan pembuatan membran mikrofiltrasi dengan bahan yang digunakan adalah zeolit dan penambahan semen putih. Variasi massa zeolit sebesar 45g, 60g, dan 66g. sedangkan semen putih sebesar 45g, 60g dan 66g. Dalam penelitian tersebut dikemukakan bahwa densitas berhubungan dengan pori membran. Semakin besar densitasnya maka akan semakin kecil pori yang terbentuk.

Nasir (2013) melakukan penelitian tentang aplikasi filter keramik berbasis tanah liat alam dan zeolit pada pengolahan air limbah hasil proses laundry. Filter keramik yang dibuat dari campuran 77,5% tanah liat, 20% zeolit dan 2,5% serbuk besi dapat menurunkan kadar TDS, COD, BOD dan LAS yang terdapat dalam air buangan proses laundry dengan fluks permeat yang tertinggi.

Aufiyah (2013) melakukan penelitian tentang pengolahan limbah *laundry* menggunakan membran silika nanofiltrasi aliran *cross flow* untuk menurunkan kekeruhan dan fosfat. Berdasarkan penelitian ini diperoleh 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.

Penelitian lainnya adalah tentang massa silika optimum untuk pembuatan membran dalam penelitian pengolahan limbah cair rumah makan. Dengan menggunakan membran nanofiltrasi silika aliran *cross flow* untuk menurunkan fosfat dan amonium adalah 5 gram (28,7wt%) dengan variasi volume limbah 100% dengan konsentrasi 3,52 mg/l fosfat atau 140,084 mg/l amonium. Massa optimum didapatkan berdasarkan dari nilai koefisien rejeksi pada membran 5 gram (28,7wt%) yang berpengaruh terhadap kualitas permeat yang dihasilkan, sementara itu, nilai fluks yang dihasilkan tidak terlalu besar perbedaannya dengan membran massa silika 8 gram (39wt%) (Maharani & Damayanti, 2013).

Penggunaan zat aditif polietilen glikol (PEG) dalam proses pembuatan membran dilakukan oleh Rosnelly (2012). Pada penelitian tersebut dilakukan penelitian terhadap rasio aditif polietilen terhadap selulosa asetat seara inversi fasa. Berdasarkan penelitian disimpulkan bahwa penambahan PEG dapat meningkatkan kinerja membran, yakni mempertinggi nilai fluks dan nilai rejeksi membran.

Nugroho dan Damayanti (2014), didapatkan removal nitrat dan ammonium pada air limbah tahu . dalam penelitian tersebut digunakan variasi ukuran partikel zeolit sebagai penyusun membran membran dan durasi sentrifugasi dalam proses pemurnian zeolit . Hasil penelitian tersebut didapatkan bahwa permeabilitas membran zeolit tertinggi dalam menghilangkan nitrat dengan ukuran mesh 200 dan sentrifugasi selama 10 menit. Sedangkan permselektivitas tertinggi untuk menghilangkan ammonium adalah zeolit dengan ukturan 40 mesh dan durasi sentrifugasi selama 10 menit dengan nilai 98,18%.

Penelitian lainnya dilakukan oleh Kusumawati (2009) dengan menggunakan kitosan dari limbah kulit udang sebagai bahan dasar pembuatan membran ultrafiltrasi. Dari penelitan ini didapatkan tahapan proses pembuatan membran dengan memanfaatkan kitosan kulit udang. Diawali dengan transformasi kitin menjadi kitosan, lalu pelarutan kitosan dengan asam asetat, penetakan membran pada plat kaca dan pelepasan membran dengan menggunakan larutan NaOH.

Rachipudi (2013) juga melakukan penelitain dengan membuat membran hibrid dari campuran 2-(3,4-epoxycyclohexyl) ethyltrimethoxysilane (ETMS) dan kitosan.Campuran diaduk selama 8 jam pada suhu kamar dan ditambahkan HCl membantu untuk menghidrolisis ETMS. Jumlah ETMS divariasikan 10, 20 dan 40% massa total. Hasil penelitian ini menyimpulkan bahwa penambahan ETMS lebih dari 40% dan kitosan 60% menyebabkan membran rapuh. Namun, jumlah ETMS ditambahkan dalam membran meningkatkan kemampuan pemisahan membran. Membran dengan 40% massa ETMS dari total massa menunjukkan selektivitas tertinggi yaitu 17.990 dengan flux  $2,92 \times 10^{-2}$  kg / m<sup>2</sup> dalam suhu 30°C untuk 10% air umpam.

Penelitian tentang pengaruh PEG dan PVA pada nilai fluks dilakukan oleh (Nisa, 2005). Dalam penelitian tersebut dinyatakan bahwa nilai fluks turun dengan adanya peningkatan konsentrasi PVA dan nilai fluks naik dengan adanya penambahan PEG.

An (2011) melakukan penelitian tentang pengaruh PVA pada morfologi permukaan membran. Dari hasil penelitian tersebut dinyatakan bahwa penambahan PVA akan menyebabkan

penurunan fluks yang signifikan. Penambahan PVA juga berpengaruh terhadap permukaan membran yang lebih halus.

## **BAB 5**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan diperoleh beberapa kesimpulan yaitu:

- a. Perbandingan massa komposisi membran zeolit dan kitosan terbaik dalam pengolahan limbah air rumah makan adalah 1;2
- b. Nilai fluks tertinggi pada variasi tekanan 1,5 bar pada perbandingan massa 2;1 adalah 30,57 L/m<sup>2</sup>.jam, pada variasi 1;1 sebesar 37,37 L/m<sup>2</sup>.jam dan variasi 1;2 sebesar 29,72 L/m<sup>2</sup>.jam. sedangkan pada tekanan 2 bar, nilai fluks tertinggi pada variasi 1;2 yaitu 34,82 L/m<sup>2</sup>.jam, sedang pada variasi 1;1 yaitu 68,79 L/m<sup>2</sup>.jam dan variasi 1;2 adalah 59,45 L/m<sup>2</sup>.jam
- c. Nilai rejeksi TSS tertinggi pada variasi tekanan 1,5 bar dengan variasi massa zeolit dan kitosan 2;1 adalah 73,98 mg/L, pada variasi massa 1;1 sebesar 83,74 mg/L dan variasi 1;2 sebesar 85,36 mg/L. sedangkan pada tekanan 2 bar, nilai rejeksi tertinggi pada variasi 1;2 yaitu 78,05 mg/L, pada variasi massa 1;1 yaitu 78,86 mg/L dan variasi 1;2 adalah 87.81 mg/L
- d. Nilai rejeksi tertinggi terhadap PV pada tekanan 1,5 bar pada variasi adalah 74.36 mg/L, pada variasi 1;1 sebesar 79.93 mg/L dan variasi 1;2 sebesar 81.2 mg/L. Pada tekanan 2 bar, nilai rejeksi tertinggi pada variasi 1;2 yaitu 76.94 mg/L, sedang pada variasi 1;1 yaitu 82.49 mg/L dan variasi 1;2 adalah 84.63 mg/L.
- e. Dilihat dari hasil rejeksi terhadap PV dan TSS, bahan pembuatan membran terbaik adalah pada variasi zeolit dan kitosan 1:2 dengan tekanan operasi 2 bar.

## 5.2 Saran

saran yang diberikan berdasarkan penelitian ini untuk kedepannya menjadi lebih baik adalah sebagai berikut :

1. Sebaiknya pengambilan permeat pada uji membran dalam aliran *cross flow* dalam waktu yang lama agar permeat yang dihasilkan lebih banyak
2. Sebaiknya dilakukan penelitian lanjutan mengenai pengaruh ketebalan membran serta penggunaan pompa dengan variasi tertentu yang lebih besar untuk mengetahui performa paling optimum secara detail.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abanmy, A dan Yishio, T. 1992. RO Desalination Selection of Membranes. Paper Workshop. JICA dan Saline Water Conversion Corporation.
- Afriyani, Y.D., Nirmala, A., Aryanti, N. 2013. Pemisahan Konjak Glukomanan Menggunakan Membran Ultrafiltrasi. *Jurnal Teknologi Kimia dan Industri*, Vol. 2, No.4, 164-169.
- Agustina, S. 2005. Penggunaan Teknologi Membran pada Pengolahan Air Limbah Industri Kelapa Sawit. *Workshop Teknologi Industri Kimiadan Kemasan*.
- Akbary, F. 2009. Membran Zeolit Katalitik untuk Pembentukan Syngas. Program Studi Teknik Material, Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- Akbar, M. A. 2010. Pembuatan Membran Mikrofilter Pasir zeolit dengan penambahan Semen Portland Putih, Program Studi Kimia, Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah, Jakarta.
- Altunkaynak. A. 2010. Suspended sediment concentration prediction by Geno-Kalman filtering. *Expert Syst. Appl.*, 37 (2010), pp. 8583–8589.
- An, Q. 2011. Influence of polyvinyl alcohol on the surface morphology, separation and anti-fouling performance of the composite polyamide nanofiltration membranes. *Journal of Membran Science*. Department of Chemical Engineering and Bioengineering, Zhejiang University, Hangzhou 310027, China.
- Ariyani, W., Sumiyarti, S., Wardana, I.W. 2014. Studi Penurunan Kadar OD dan TSS Pada Limbah Cair Rumah Makan Dengan Teknologi Biofilm Anaerob-Aerob Menggunakan Media Bioring Susunan Random. *Jurnal Teknik Lingkungan* Vol. 3, No 1 hal. 1-10.
- Arman, Muhammad. 2008. Pengukuran Tekanan. *Presentation Slideshare*. Bandung.
- Aufiyah, dan Damayanti, A. 2013. Pengolahan Limbah Rumah Makan Menggunakan Membran Nanofiltrasi Aliran Cross

- Flow untuk Menurunkan Kekeruhan dan Fosfat. Skripsi. Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
- Baker, W.R. 2000. *Membran Technology and Applications*, 2nd Edition. California: Jon Willey and Sons.
- Bilotta, G.S., and Brazier, R.E. 2008. Understanding the influence of suspended solids on water quality and aquatic biota. *Water Res.*, 42 (3) (2008), pp. 2849–2861.
- Chan, H. 2010. Removal and Recycling of Pollutants From Hongkong Restaurant Wastewaters. *Jurnal Bioresource Technology*, Vol. 101. Hal 6859-6867.
- Chu, W., Hsu, W. 1999. Pollution Source Identification And Waste Loading Reduction At Chinese Fast Food Restaurants. *Environ. Int.* 25 (1999) page jk97–10.
- Ciabatti, I., F. Cesaro, L. Faralli, E. Fatarella dan F. Tognotti. 2009. “Demonstration Of A Treatment System For Purification And Reuse Of Laundry Wastewater”, *Jur. of Desalination*, 204, 78-86.
- Damayanti, A., Ujang, Z., Salim, M.R., Ollson, G. 2011. The Influenced of PAC, Zeolite and Moringa oleifera as Biofouling Reduer (BFR) on Hybrid Membrane Bioreactor of Palm Oil Mill Effluent (POME). *Bioresource Technology*, Vol.102, hal. 4341-4346.
- Dash, M., Chiellini, F., Ottenbrite, R. M., dan Chiellini. 2011. Chitosan-A versatile semi-synthetic polymer in biomedical applications. *Progress in Polymer Science* Vol. 36. Halaman 981-1014.
- Ertan, A., dan Ozkan. 2005. CO<sub>2</sub> and N<sub>2</sub> Adsorption on the Acid (HCl, HNO<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, and H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>) Treated Zeolites. *Adsorption*, Vol 11, 151-156.
- Farha, Indah. F dan Kusumawati. N. 2012. Pembuatan Membran Komposit Kitosan-PVA dan Pemanfaatannya pada pemisahan Limbah Pewarna Rhodamin B. *Unesa Journal of Chemistry*. Vol 1, No. 2, hal 31-38.
- Feng, C., Khulbe, K. C., Masuura, T., Farnood, R., & Ismail, A. F. 2015. Recent Progress in Zeolite/ Zeotype Membranes, 1, 49-72.

- Judd, S dan Jefferson, B., 2003, *Membranes for Industrial Wastewater Recovery and Re-use*, Elsevier Ltd, Kidlington Oxford.
- Kusumawati, N. 2009. Pemanfaatan Limbah Kulit Udang Sebagai Bahan Baku Pembuatan Membran Ultrafiltrasi. *Inotek*, Volume 13, Nomor 2 halaman 114-120.
- Lestari, D. Y. 2010. Kajian Modifikasi dan Karakterisasi Pasir Zeolit dari Berbagai Negara. *Prosiding Seminar Nasional Kimia dan Pendidikan Kimia*, ISBN: 987- Yogyakarta, 30 Oktober.
- Maharani, dan Damayanti, A. 2013. Pengolahan Limbah Cair Rumah Makan Menggunakan Membran Nanofiltrasi Silika Aliran Cross Flow untuk Menurunkan Fosfat dan Amonium. *JURNAL SAINS DAN SENI POMITS* Vol. 2, No1, (2013) 2337-3520 (2301-928X Print).
- Mallack, H. M. & Anderson, G. K., *Cross-flow Microfiltration with Dynamic Membranes*, Journal Water Research, Vol. 31, Elsevier Science Ltd (1997).
- Mallevalle, J., Odendaal, P. E., Wiesner, M.R. 1996. *Water Treatment Membrane Process*. Mc Graw Hill. New York.
- Marganof, 2003. Potensi Limbah Udang Sebagai Penyerap Logam Berat (Timbal, Kadmium, Tembaga) di Perairan Pengantar Falsafah Sains, Program Pascasarjana IPB.
- Maryana, Erma. 2007. Sintesis dan Karakterisasi Membran Asimetris (akrilonitril-co-glisidil metakrilat) untuk *recovery* Pelarut. Program Studi Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan. Institut Teknologi Bandung.
- Metcalf dan Eddy. 2012. *Wastewater Engineering Treatment and Reuse*. 4th Edition. Singapore: Mc Graw Hill.
- Mulder, M. 1996. *Basic and Principles of Membran Technology*. London: Kluwer.
- Muliawati, E. C. 2012. Pembuatan dan Karakterisasi Membran Nanofiltrasi Untuk Pengolahan Air. Semarang. Magister Teknik Kimia-UNDIP
- Mulligan. C.N., N. Davarpanah, M. Fukue, T. Inoue. 2009. Filtration of contaminated suspended solids for the treatment of surface water. *Chemosphere*, 74, pp. 779–786.

- Nasir, Subriyer, Teguh Budi, S.A, dan Idha Silviaty. 2013. Aplikasi Filter Keramik Berbasis Tanah Liat Alam dan Zeolit Pada Pengolahan Air Limbah Hasil Proses Rumah Makan. *Jurnal Bumi Lestari*, Volume 13 No. 1, Februari 2013, 45-51.
- Nisa, K. 2005. Karakteristik Fluks Membran Kitosan Termodifikasi Poli Vinil Alkohol dengan Variasi Poli Etilena Glikol.
- Notodarmojo S dan Deniva A. 2004. Penurunan Zat Organik Dan Kekeruhan Menggunakan Teknologi Membran Ultrafiltrasi Dengan Sistem Aliran Dead- End. *PROC. ITB Sains & Tek*, 63-82. Departemen Teknik Lingkungan ITB, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan.
- Nugroho, A., S. dan Damayanti, A. 2014. Uji Kinerja Membran Nanofiltrasi Zeolit untuk Menampis Nitrat dan Amonium Air Limbah Produksi Tahu, Program Studi Teknik Lingkungan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
- P.S. Rachipudi, A.A. Kittur, A.M. Sajjan, M.Y. Kariduraganavara, n. 2013. Synthesis And Characterization Of Hybrid Membranes Using Chitosan And 2-(3,4-Epoxy cyclohexyl) Ethyltrimethoxysilane For Pervaporation Dehydration Of Isopropanol. *Journal of Membrane Science* 441. Page 83 -92
- Palintestcrew. 2016. Sewage Effluent Test, Test for Permanganate Value, pH, Suspended Solids, and Probable BO, OD and TOC. Palintest Water analysis Tehnologies.
- Peraturan Gubernur Jawa Timur. 2013. Baku Mutu Air Limbah bagi Industri dan/atau Kegiatan Usaha Lainnya. No. 72 tahun 2013. Surabaya.
- Pinem, J.A. 2010. Perlakuan Pencucian Membran Reverse Osmosis Terhadap Penurunan Fouling pada Membran. Pekanbaru. Teknik Kimia-Universitas Riau
- Prakash, N, Sudha, P.N and Renganathan, N.G, *Environ Sci Pollut Res*. Vol. 19, (2012), pp. 2930-2941.
- Rabek JK. 1980. *Experimental Methods in Polymer Chemistry: Physical Principles and Applications*. Chichester: J Wiley.
- Radiman, C. L. dan Eka, I. 2007. Pengaruh dan Jenis Temperatur Koagulan terhadap Morfologi dan Karakteristik Membran

- Selulosa Asetat. *Jurnal Makara Sains*. Vol. 11, No.2 hal. 80-84.
- Rahmawati, A.A dan R. Azizah. 2005. Perbedaan Kadar BOD, COD, TSS, dan MPN Coliform Pada Air Limbah, Sebelum dan Sesudah Pengolahan di RSUD Nganjuk. *Jurnal Kesehatan Lingkungan* Vol. 2, No. 1, Juli 2005, hlm. 97-110.
- Ronaldo, R. 2008. Zeolit Alam dan Chitosan Sebagai Adsorben Chatalytic Converter Monolitik untuk Pereduksi Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor. Program Studi Teknologi Hasil Perikanan. Institut Pertanian Bogor.
- Rosnelly, M. 2012. Pengaruh Rasio Zat Aditif Polietilen Glikol terhadap Selulosa Asetat pada Pembuatan Membran Selulosa Asetat seara Inversi Fasa. *Jurnal Rekayasa Klma dan Lingkungan* . Vol.9, No.1 hal 25-29.
- Sari, T. K., Damayanti, A. 2014 Pengolahan Limbah Laundry Menggunakan Membran Nanofiltrasi Zeolit Variasi Massa untuk Filtrasi Kekeruhan dan Fosfat. *Teknik Lingkungan*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
- Sein, L. O. 2011. Removal of Total Suspended Solids and Oil Grease Using Flotation Unit, Chemical Engineering, Faculty of Engineering and Science, Universiti Tunku Abdul Rahman, Kuala Lumpur.
- Solihah. R. Z dan Damayanti, A. 2014. Pengolahan Limbah Cair Rumah Makan Menggunakan Membran Nanofiltrasi Zeolit Aliran Cross-Flow untuk Filtrasi Kekeruhan, Minyak dan Lemak. Program Studi Teknik Lingkungan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- Stephenson, T., Judd, S. J., Jefferson, B., Brindle, K., 2000, *Membrane Bioreactor in Wastewater Treatment*, IAW Publishing, London.
- Stevens, M. P. 2001. *Kimia Polimer*. (Dr. Ir. Iis Sopyan, M.Eng., Penerjemah). Jakarta: Pradnya Paramita
- Sumarno. 2002. *Degradasi Lingkungan*. Bahan Ajar Magister Ilmu Lingkungan. Universitas Diponegoro.
- Susanto, Heru, Astria Apriliani Susanto dan I Nyoman Widiasa. 2012. Karakteristik Interaksi Membran-Foulant dan Foulant-Foulant sebagai Dasar Pengendalian Fouling. *Jurnal Reaktor*, Vol. 14, April 2012, Hal. 17-24.

- Thatte, M. R. 2004. Synthesis and Antibacterial Assessment of Water-Soluble Hydrophobic Chitosan Derivatives Bearing Quaternary Ammonium Functionality. Louisiana: Disertasi
- Tang, H. L., Xie, F. Y., Chen, Y.C. 2012. Use of Bio-Amp, A Commercial Bio-Additive for The Treatment of Grease Trap Wastewater Containing Fat, Oil and Grease. Journal Bioresource Technology, Vol 124 hal 52-58.
- Thornton. 2001. Pollutant in Urban Waste Water and Sewage Sludge. European Communities.
- Uwidia, I.E dan Ademoroti C.M.A. 2012. Correlation of Suspended Solids (Ss) and Permanganate Value (Pv) of Domestic Sewage From an Estate In Warri, Nigeria University of Benin, Benin City, Nigeria. Global Journal of Researches in Engineering Chemical Engineering Volume 12 Issue 1 Version 1.0 ISSN: 2249-4596 Print ISSN:0975-5861.
- Wahyuni, S., Damayanti, A. 2015. Studi Pembuatan Dan Penggunaan Membran Chitosan Sebagai Membran Ultrafiltrasi Dalam Pengolahan Limbah Pome (Palm Oil Mill Effluent). Teknik Lingkungan. Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
- Water Environment Federation (WEF), 2006, Membrane System for Wastewater Treatment, WEF Press Mc Graw Hill, New York.
- Wenten, I. G. 1995. Teknologi Membran Industrial. Institut Teknologi Bandung. Bandung.
- Zadeh. Kalantar. K. B. F., 2007. Nanotechnology-Enabled Sensor: Springer; 1 edition.

## BIOGRAFI PENULIS



Penulis merupakan yang lahir pada tanggal 06 Februari 1994. Penulis mengenyam pendidikan dasar pada tahun 2000-2006 di SDN Pangarangan I Sumenep. Kemudian melanjutkan di SMPN I Sumenep pada tahun 2006-2009 dan melanjutkan pendidikan tingkat atas di SMAN I Sumenep tahun 2009-2012. Penulis kemudian melanjutkan pendidikan S1 di Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, ITS Surabaya pada tahun 2012.

Selama perkuliahan, penulis aktif sebagai staf departemen Riset dan Teknologi HMTL ITS selama dua tahun kepengurusan. Selain itu penulis juga pernah menjadi panitia di beberapa kegiatan di HMTL, dan kegiatan UKM IAC (ITS Astronomi Club). Penulis juga pernah aktif sebagai asisten praktikum mata kuliah Mikrobiologi. Prestasi yang pernah diraih adalah Juara 1 Lomba Essay yang diadakan di FTI ITS 2014 dan PKMP Eksakta Didanai DIKTI. Berbagai pelatihan dan seminar nasional di bidang Teknik Lingkungan juga telah diikuti dalam rangka pengembangan diri. Penulis dapat dihubungi via email di [liliksafitri23@gmail.com](mailto:liliksafitri23@gmail.com) atau [lilik12@mhs.enviro.its.ac.id](mailto:lilik12@mhs.enviro.its.ac.id).