



TUGAS AKHIR - RE 14581

STUDI PENYISIHAN LOGAM SENG (Zn^{2+}) PADA
LIMBAH ELEKTROPLATING MENGGUNAKAN
MEMBRAN KITOSAN DAN ZEOLIT

VENILIA VANIA
312100033

Dosen Pembimbing
Alia Damayanti, ST. MT. Ph.D.

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



FINAL PROJECT - RE 14581

STUDY OF ZINC (Zn^{2+}) METAL REMOVAL IN
ELECTROPLATING WASTEWATER BY USING
KITOSAN DAN ZEOLITE MEMBRAN

VENILIA VANIA
3312100033

SUPERVISOR
Alia DAMAYANTI, ST. MT. Ph.D.

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

LEMBAR PENGESAHAN

STUDI PENYISIHAN LOGAM SENG (Zn^{2+}) PADA LIMBAH ELEKTROPLATING MENGGUNAKAN MEMBRAN KITOSAN DAN ZEOLIT

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar
Sarjana Teknik
pada
Jurusan Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

Venilia Vania
NRP. 3312100033

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir:

Alia Damayanti, ST., MT., Ph.D.
NIP 197702092003122001



**LEMBAR PERNYATAAN
PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH
UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai mahasiswa Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya, yang bertanda tangan di bawah ini saya :

Nama : Venilia Vania
Nrp. : 3312 100033
Jurusan / Fak. : Teknik Lingkungan / FTSP
Alamat kontak : Puri Surya Jaya Taman Vancouver Jll- 22 Bedangan - Sidoarjo
a. Email : vevenilia@gmail.com
b. Telp/HP : 087851887550

Menyatakan bahwa semua data yang saya *upload* di Digital Library ITS merupakan hasil final (revisi terakhir) dari karya ilmiah saya yang sudah disahkan oleh dosen penguji. Apabila dikemudian hari ditemukan ada ketidaksesuaian dengan kenyataan, maka saya bersedia menerima sanksi.

Demi perkembangan ilmu pengetahuan, saya menyetujui untuk memberikan **Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif (*Non-Exclusive Royalti-Free Right*)** kepada Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya atas karya ilmiah saya yang berjudul :

Studi Penyisihan Logam Seng (Zn^{2+}) Pada Limbah Elektroplating
Menggunakan Membran Kitosan dan Zeolit

Dengan Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif ini, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya berhak menyimpan, mengalih-media/format-kan, mengelolanya dalam bentuk pangkalan data (*database*), mendistribusikannya, dan menampilkan/mempublikasikannya di internet atau media lain untuk kepentingan akademis tanpa meminta ijin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta. Saya bersedia menanggung secara pribadi, segala bentuk tuntutan hukum yang timbul atas pelanggaran Hak Cipta dalam karya Ilmiah saya ini tanpa melibatkan pihak Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Surabaya

Pada tanggal :

Yang menyatakan,


.....
Venilia Vania

Nrp. 3312 100033



Dosen Pembimbing 1

Mia Damayanti, ST., MT, Ph. D

NIP. 19770209 2003 12 2001

KETERANGAN :

Tanda tangan pembimbing wajib dibubuhi stempel jurusan.

Form dicetak dan diserahkan di bagian Pengadaan saat mengumpulkan hard copy TA/Tesis/Disertasi.

STUDI PENYISIHAN LOGAM SENGG (Zn^{2+}) PADA LIMBAH ELEKTROPLATING MENGGUNAKAN MEMBRAN KITOSAN DAN ZEOLIT

Nama Mahasiswa : Venilia Vania
NRP : 3312100033
Jurusan : Teknik Lingkungan
Dosen Pembimbing : Alia Damayanti, ST., MT., Ph.D

ABSTRAK

Salah satu industri yang menghasilkan limbah air mengandung logam berat adalah industri elektroplating. Keberadaan logam berat terutama seng (Zn^{2+}) yang masuk ke perairan sangat berbahaya walaupun hanya dalam jumlah kecil karena sifatnya yang bisa terakumulasi dalam tubuh. Salah satu metode yang dapat digunakan adalah teknologi membran yang memiliki beberapa kelebihan dari segi teknis maupun ekonomis. Membran yang digunakan dalam penelitian ini adalah membran yang terbuat dari kitosan dan zeolit. Dalam penelitian ini dianalisis komposisi terbaik dari campuran kitosan dan zeolit sebagai bahan membran untuk menyisihkan kadar logam Zn^{2+} serta menganalisis nilai rejeksi dan nilai fluks yang dihasilkan oleh sistem membran.

Variabel dalam penelitian ini adalah variasi komposisi massa kitosan dan zeolit serta variasi tekanan dalam reaktor. Pada variasi berat kitosan dan zeolit yang digunakan yaitu 5gr:2,5gr, 5gr:5gr, dan 5gr:10gr. Sedangkan untuk variasi tekanan yaitu 2 dan 3 bar. Reaktor yang digunakan menggunakan aliran *crossflow*. Pengujian pada reaktor dilakukan selama 80 menit dan permeate diambil setiap 8 menit. Analisis parameter kadar Zn^{2+} dilakukan menggunakan metode *Atomic Absorption Spectrophotometer*

(AAS). Pengujian morfologi membran menggunakan *Scanning Electron Microscopy* (SEM) EDX.

Berdasarkan hasil penelitian, karakteristik awal limbah elektroplating untuk parameter Zn^{2+} sebesar 5 mg/L. Nilai rejeksi kadar logam seng terbaik terdapat pada komposisi membran 5:10 pada tekanan 2 bar sebesar 95%. Nilai fluks terbaik didapat pada komposisi membran 5:5 pada tekanan 3 bar sebesar 98,53 L/m².jam. Massa membran kitosan dan zeolit terbaik dalam pembuatan membran filtrasi adalah komposisi membran 5 gram kitosan dan 10 gram zeolit berdasarkan kemampuan merejeksi Zn^{2+} .

Kata kunci : Crossflow, Kitosan, Limbah elektroplating, Seng (Zn), Zeolit

STUDY OF ZINC (Zn^{2+}) METAL REMOVAL IN ELECTROPLATING WASTEWATER BY USING KITOSAN AND ZEOLITE MEMBRANE

Name of Student : Venilia Vania
NRP : 3312100033
Department : Environmental Engineering
Supervisor : Alia Damayanti, ST., MT., Ph.D.

ABSTRACT

Electroplating industry is one of the industries that produces heavy metals wastewater. Presence of zinc (Zn^{2+}) in the electroplating industry that went into stream is very dangerous even in small quantities because it can accumulate in the human body. Therefore, membran technology is one of the method that can be used for heavy metals removal with some of technical and economic advantages. The membran that used in this study is a membran made of chitosan and zeolite. The best composition from chitosan and zeolite as the membran's material to remove the Zn^{2+} with the value of rejection and flux generated by the membran of will be analyzed in this study.

Variables in this study are mass composition variation of chitosan and zeolite with the pressure variations in reactor applications. There are three variation mass of chitosan and zeolite 5:2,5;5:5, and 5:10 grams. Then, for pressure variation there are 2 and 3 bar. The reactor using a *crossflow* filtration. Tests conducted on the reaktor for 80 minutes and permeate taken every 8 minutes. Analysis of Zn^{2+} level was conducted using the method of Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS). Testing of the membran morphology using SEM EDX.

Based on the results of the study, the initial characteristics for the Zn^{2+} concentration in the electroplating waste is 5 mg/L. The highest rejection of zinc metal level contained in the composition of

the membran 5:10 at a pressure of 2 bar is 95%. The highest flux value obtained on the composition of the membran 5: 5 at a pressure of 3 bar is 98.53 L / m².hour. The effective mass of membrane chitosan and zeolite for the ability to remove Zn²⁺ metal is the membrane with ratio 5 grams chitosan and 10 grams zeolite.

Keyword(s) : Crossflow, Kitosan, Electroplating wastewater, Zinc (Zn), Zeolite

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas limpahan rahmat, berkah, dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir ini dengan judul **Studi Penyisihan Logam Seng (Zn^{2+}) Pada Limbah Elektroplating Menggunakan Membran Kitosan dan Zeolit** yang merupakan persyaratan untuk menyelesaikan Tingkat Sarjana di ITS Surabaya.

1. Ibu Alia Damayanti, ST., MT., Ph.D selaku dosen pembimbing yang telah banyak memberikan arahan dan saran kepada penulis.
2. Bapak Ir. Hariwiko Indarjanto, M. Eng selaku dosen wali, terimakasih atas dukungan dan nasihat Bapak selama ini.
3. Bapak Adhi Yuniarto ST., MT., Ph.D, Bapak Alfan Purnomo ST., MT., Bapak Ir. Mohammad Razif, MM. dan Ibu Harmin Sulistyoning Titah, ST., MT., Ph.D., selaku dosen penguji yang memberikan bimbingan dan saran kepada penulis.
4. Keluarga di rumah yang selalu memberi bantuan, doa, dan semangat.
5. Pihak Koperasi Waru Buana yang telah membantu dalam perizinan pengambilan limbah cair elektroplating.
6. Bapak Dono dan Bapak Huda, atas izin dalam mengambil limbahnya.
7. Bapak-bapak dan Ibu Laboran Teknik Lingkungan, atas segala bantuan selama saya melakukan penelitian di laboratorium
8. Teman – teman Angkatan 2012 Teknik Lingkungan ITS yang telah memberikan dorongan dan semangat.

Semoga Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat dan dapat menjadi salah satu alternatif dalam pengolahan limbah khususnya limbah elektroplating serta bermanfaat untuk perkembangan pendidikan terutama dalam hal pengolahan limbah.

Surabaya, Mei 2016

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	iii
ABSTRAK.....	i
ABSTRACT	iii
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL.....	xiii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	4
1.5 Ruang Lingkup	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Limbah Elektroplating	5
2.1.1 Karakteristik Limbah Elektroplating	5
2.1.2 Baku Mutu Limbah Elektroplating	6
2.2 Pengolahan Limbah Cair dengan Proses Filtrasi	7
2.3 Definisi Membran.....	9
2.4 Permeabilitas Membran.....	12
2.5 Permselektivitas Membran	13
2.6 Membran Filtrasi.....	14
2.7 Karakteristik Kitosan.....	15

vii

2.8 Karakteristik Zeolit.....	17
2.9 Karakterisasi Membran.....	19
2.10 Pelapisan Seng dengan Metode Elektroplating.....	21
2.11 Logam Seng (Zn).....	22
2.12 Pencucian Membran dengan Menggunakan Bahan Kimia .	23
2.13 Spektroskopi Serapan Atom.....	26
2.14 Penelitian Terdahulu.....	27
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN	37
3.1 Umum.....	37
3.2 Kerangka Penelitian	37
3.3 Ide Tugas Akhir	37
3.4 Studi Literatur	40
3.5 Pengambilan dan Pengawetan Sampel.....	40
3.6 Penelitian Pendahuluan.....	40
3.6.1 Analisis Kualitas Awal Air Limbah Elektroplating	40
3.6.2 Pembuatan Membran	40
3.6.3 Tahap Preparasi Material Zeolit.....	41
3.6.4 Tahap Pembuatan Larutan Membran	41
3.6.5 Tahap Pencetakan Membran	41
3.7 Pengujian Membran pada Reaktor	42
3.8 Analisis Morfologi	44
3.9 Analisis Permeat.....	44
3.10 Hasil dan Pembahasan	44
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN.....	47
4.1 Karakteristik Awal Limbah Elektroplating.....	47

4.2 Aktivasi Zeolit	47
4.3 Pembuatan Membran	49
4.4 Pengujian Membran	51
4.5 Pengaruh Komposisi Membran dan Tekanan Terhadap Nilai Rejeksi Logam Seng (Zn).....	54
4.6 Pengaruh Komposisi Membran dan Tekanan Terhadap Nilai Fluks.....	61
4.7 Pengaruh Pencucian Membran dan Intermiten On/Off Pompa 5 menit Terhadap Nilai Fluks	68
4.8 Analisis Morfologi Membran	72
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	77
5.1 Kesimpulan.....	77
5.2 Saran.....	77
DAFTAR PUSTAKA	78
LAMPIRAN A.....	89
LAMPIRAN B.....	93
LAMPIRAN C	95
LAMPIRAN D	97
LAMPIRAN E.....	99
LAMPIRAN E (Lanjutan).....	100
BIOGRAFI PENULIS	101

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Sistem dua fase yang dipisahkan oleh membran	9
Gambar 2.2 Skema sistem operasi membran	11
Gambar 2.3 Penentuan nilai permeabilitas (L_p)	13
Gambar 2.4 Struktur Kitosan	16
Gambar 2.5 Kerangka Utama Zeolit	18
Gambar 2.6 Prinsip Kerja Mikroskop Elektron	20
Gambar 3.1 Kerangka Penelitian Tugas Akhir	39
Gambar 3.2 Sketsa Reaktor Cross-Flow	42
Gambar 4.1 Zeolit Hasil Ayakan	48
Gambar 4.2 Pencucian Zeolit	48
Gambar 4.3 Larutan Kitosan	50
Gambar 4.4 Pencetakan Membran	51
Gambar 4.5 Peletakan membran pada reaktor crossflow	52
Gambar 4.6 Reaktor Cross-flow	53
Gambar 4.7 Membran Sebelum Filtrasi (a), Sesudah Filtrasi (b)	54
Gambar 4.8 Rejeksi Logam Seng Komposisi Membran 5:2,5	55
Gambar 4.9 Rejeksi Logam Seng Komposisi Membran 5:5	57
Gambar 4.10 Rejeksi Logam Seng Komposisi Membran 5:10	58
Gambar 4.11 Rejeksi Kadar Logam Seng (Zn)	59
Gambar 4.12 Perubahan nilai fluks terhadap variasi komposisi membran	65
Gambar 4.13 Nilai Fluks Tekanan 2 Bar	67
Gambar 4.14 Nilai Fluks Tekanan 3 Bar	67
Gambar 4.15 Pengaruh Pencucian Terhadap Nilai Fluks	70
Gambar 4.16 Morfologi Membran Sebelum Filtrasi Perbesaran 1000x	72
Gambar 4.17 Morfologi Membran Sesudah Filtrasi Perbesaran 500x	73
Gambar 4.18 Morfologi Membran Sesudah Filtrasi Perbesaran 1000x	73
Gambar 4.19 Morfologi Penampang Melintang Membran Sebelum Filtrasi	74
Gambar 4.20 EDX Membran Kitosan dan Zeolit	75

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Konsentrasi ion-ion logam berat dalam air limbah industri elektroplating	6
Tabel 2.2 Baku Mutu Air Limbah Industri Pelapisan Logam	7
Tabel 2.3 Karakteristik Membran Filtrasi	14
Tabel 2.4 Jenis Membran Berdasarkan Nilai Fluks	15
Tabel 2.5 Beberapa Sifat Unsur Golongan Transisi	22
Tabel 2.6 Formulasi Pencuci Membran Generik	25
Tabel 2.7 Kisaran Konsentrasi AAS	27
Tabel 2.8 Penelitian Terdahulu.....	28
Tabel 2.9 Perbandingan Nilai Rejeksi Berdasarkan Jenis Membran	31
Tabel 2.10 Perbandingan Nilai Fluks Berdasarkan Jenis Membran	35
Tabel 3.1 Variasi Membran	43
Tabel 4.1 Karakteristik Awal Limbah Elektroplating.....	47
Tabel 4.2 Nilai Rejeksi Komposisi Membran 5:2,5	54
Tabel 4.3 Nilai Rejeksi Komposisi Membran 5:5	56
Tabel 4.4 Nilai Rejeksi Komposisi Membran 5:10	57
Tabel 4.5 Nilai Fluks Komposisi 5:2,5	62
Tabel 4.6 Nilai Fluks Komposisi 5:5	63
Tabel 4.7 Nilai Fluks Komposisi 5:10	64
Tabel 4.8 Nilai Fluks Membran Sebelum dan Sesudah Dicuci ...	69
Tabel 4.9 Komposisi unsur membran sesudah filtrasi	75

BAB 1 PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pada umumnya limbah yang dihasilkan dari industri mengandung berbagai zat pencemar berbahaya yang dapat mencemari lingkungan karena mengandung logam berat. Salah satu industri yang limbahnya mengandung logam berat adalah industri elektroplating. Elektroplating atau lapis listrik (penyepuhan) merupakan salah satu proses pelapisan bahan padat dengan lapisan logam menggunakan arus listrik melalui suatu larutan elektrolit (Istiyono, 2008). Kandungan logam berat yang terdapat pada limbah industri elektroplating adalah ion kromium valensi VI (Cr^{+6}), kromium total (Cr_{tot}), Sianida (CN^-), Tembaga (Cu^{+2}), Seng (Zn^{+2}), Nikel (Ni^{+2}), Timbal (Pb^{+2}) dan Kadmium (Cd^{+2}) (Sumada, 2006). Konsentrasi dari beberapa logam seperti Cr, Ni, dan Zn lebih tinggi daripada kadar yang diperbolehkan untuk dibuang dalam limbah tersebut. Oleh karena itu, diperlukan pengolahan yang sesuai untuk menyisihkan logam berat ini dari air limbah sebelum dilepaskan ke dalam lingkungan (Meena *et al.*, 2005).

Beberapa metode telah ditemukan dalam penyisihan logam berat yaitu *ion-exchange*, koagulasi, ekstraksi solvent, proses membran dan adsorpsi. Adapun penggunaan adsorben yang berasal limbah pertanian dan bahan-bahan alami seperti, serbuk gergaji, sekam padi, gambut, *fly ash*, kopi, jerami gandum, lobak, batubara, jerami padi, kulit kayu, teh hijau Jepang, kitosan, zeolit dan tanah liat telah disorot sebagai adsorben yang potensial (Bailey, *et al.*, 1999). Saat ini, penggunaan zeolit alami telah memperoleh banyak minat dalam studi adsorpsi karena sifat adsorpsi yang baik dan kemampuan modifikasi yang mudah (Cincotti *et al.*, 2005). Zeolite merupakan salah satu bahan adsorben potensial yang memiliki struktur berpori. Zeolite mempunyai struktur nanoporous yang homogen yang dapat menyerap berbagai polutan seperti ion logam berat dan molekul organik secara selektif (Meena *et al.*, 2005). Sedangkan Kitosan merupakan polimer alami yang bersifat *biodegradable* dan tidak

beracun. Kitosan memiliki efisiensi yang tinggi untuk menyerap molekul organik dan ion logam karena mengandung berbagai kelompok fungsional aktif seperti amino dan kelompok hidroksil. (Zhang *et al.*, 2015). Oleh karena itu, kitosan dan zeolit adalah bahan yang menjanjikan untuk digunakan sebagai adsorben.

Pada saat ini penelitian tentang pemanfaatan polimer alam sebagai membran sedang berkembang. Keuntungan utama dari teknologi membran adalah teknologi membran dapat menghasilkan air yang stabil tanpa penambahan bahan kimia, penggunaan energi yang relatif rendah dan proses yang mudah diatur dengan baik (Yu *et al.*, 2012). Membran filtrasi telah menerima banyak perhatian untuk pengolahan limbah anorganik, karena ia mampu menyisihkan tidak hanya padatan tersuspensi dan senyawa organik, tetapi juga kontaminan anorganik seperti logam berat (Parmar dan Lokendra, 2013). Selama ini yang banyak digunakan sebagai membran adalah membran selulosa dan turunannya (Meriatna, 2008). Selain turunan selulosa pernah juga dilakukan karakterisasi membran kitin untuk tujuan analisis (Tarigan, 2005). Ada beberapa literatur ilmiah yang menerangkan bahan yang didasarkan pada kitosan yang dimodifikasi dengan berbagai jenis zeolit untuk menghilangkan ion tembaga, asam humus, nitrat dan bahan membran untuk pemisahan campuran air-isopropanol (Nesic *et al.*, 2013).

Telah banyak laporan tentang aplikasi kitosan untuk mengikat logam-logam berat. Dyahningtyas (1999) telah melaporkan penggunaan kitosan untuk menghilangkan cadmium (Cd) dalam larutan cair. Karthikeyan *et al.*, (2004) melaporkan penggunaan kitosan untuk adsorpsi logam seng (Zn), sedangkan Franco *et al.*, (2004) menggunakan kitosan dari *Cunninghamella elegans* (IFM 46109) untuk biosorpsi logam-logam berat Pb, Fe dan Cu. Penelitian tersebut melaporkan bahwa kitosan dapat digunakan sebagai adsorben atau pengikat logam-logam berat.

Dalam penelitian ini akan dilakukan studi penurunan logam berat Zn^{2+} untuk limbah elektroplating menggunakan modifikasi kitosan dan zeolit. Seng merupakan zat yang penting untuk kehidupan sebagai mikronutrien, tetapi jika terlalu banyak akan menjadi racun bagi manusia (Bhattacharya *et al.*, 2006). Kadar

dosis Zn yang berlebihan menyebabkan depresi, kelesuan penyakit saraf seperti serangan jantung dan *ataxia* (Zhang *et al.*, 2010). Modifikasi kitosan dan zeolite ini dibuat untuk meningkatkan ukuran pori, kekuatan mekanik, stabilitas kimia, hidrofilisitas dan biokompatibilitas dari kitosan (Nghah *et al.*, 2012).

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari penelitian ini adalah:

1. Penentuan koefisien rejeksi membran kitosan dan zeolite pada variasi tekanan dan variasi massa kitosan dan zeolite untuk menurunkan kadar logam Zn.
2. Penentuan nilai fluks membran kitosan dan zeolite yang terbaik pada variasi tekanan dan variasi massa kitosan dan zeolite untuk menurunkan kadar logam Zn.
3. Penentuan massa kitosan dan zeolite yang terbaik untuk pembuatan membran filtrasi dalam pengolahan limbah elektroplating.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mendapatkan nilai koefisien rejeksi membran kitosan dan zeolite pada variasi tekanan dan variasi massa kitosan dan zeolite untuk menurunkan kadar logam Zn.
2. Mendapatkan nilai fluks membran kitosan dan zeolite yang terbaik pada variasi tekanan dan variasi massa kitosan dan zeolite untuk menurunkan kadar logam Zn.
3. Mendapatkan massa kitosan dan zeolite yang terbaik untuk pembuatan membran filtrasi dalam pengolahan limbah elektroplating.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini adalah:

1. Memberikan metode alternatif dalam pengolahan limbah cair elektroplating agar industri elektroplating yang mayoritas dalam skala menengah dapat mengolah limbah yang dihasilkan sebelum dibuang ke badan air.
2. Menambah referensi penelitian tentang pemanfaatan kitosan dan zeolit untuk mengolah limbah elektroplating
3. Menambah referensi penelitian pembuatan membran filtrasi dengan campuran material kitosan dan zeolit.

1.5 Ruang Lingkup

Ruang lingkup penelitian ini adalah:

1. Penelitian di lakukan dengan skala laboratorium di Laboratorium Pemulihan Air Jurusan Teknik Lingkungan FTSP-ITS Surabaya
2. Sampel air limbah yang digunakan dalam penelitian ini yaitu air limbah cair elektroplating yang berasal dari industri daerah Waru, Sidoarjo
3. Parameter air limbah yang diukur dalam penelitian ini adalah kadar logam seng (Zn).
4. Membran yang digunakan berbahan baku kitosan dan zeolit dengan variasi variabel penelitian:
 - Variasi perbandingan massa kitosan dan zeolit adalah:
5 gram kitosan: 10 gram zeolit
5 gram kitosan: 5 gram zeolit
5 gram kitosan: 2,5 gram zeolit
 - Variasi tekanan adalah 2 bar dan 3 bar
 - Konsentrasi limbah adalah 75% air limbah
5. Kecepatan pengadukan 600 rpm.
6. Aliran dalam reactor yang digunakan adalah aliran *crossflow*.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Limbah Elektroplating

Elektroplating atau lapis listrik atau penyepuhan merupakan salah satu proses pelapisan bahan padat dengan lapisan logam menggunakan arus listrik melalui suatu larutan elektrolit. Industri elektroplating merupakan salah satu industri yang paling berbahaya diantara industri kimia lainnya (Marwati, 2009). Kuantitas limbah yang dihasilkan dalam proses elektroplating tidak terlampau besar, akan tetapi tingkat toksisitasnya sangat berbahaya, terutama krom, nikel dan seng (Roekmijati, 2002). Karakteristik dan tingkat toksisitas dari air limbah elektroplating bervariasi tergantung dari kondisi operasi dan proses pelapisan serta cara pembilasan yang dilakukan (Palar, 1994). Berdasarkan hasil uji laboratorium diketahui bahwa air limbah industri elektroplating mengandung berbagai jenis ion-ion logam berat yang berbahaya bagi lingkungan khususnya lingkungan perairan sungai. Berbagai jenis ion logam berat yang terkandung dalam air limbah industri elektroplating seperti ion kromium valensi VI (Cr^{+6}), kromium total (Cr tot), Sianida (CN^-), Tembaga (Cu^{+2}), Seng (Zn^{+2}), Nikel (Ni^{+2}), Timbal (Pb^{+2}) dan Kadmium (Cd^{+2}) (Sumada, 2006).

2.1.1 Karakteristik Limbah Elektroplating

Berdasarkan dari bahan-bahan yang digunakan untuk proses elektroplating terkandung konsentrasi ion-ion logam berat yang terkandung seperti dalam Tabel 2.1 berikut ini

Tabel 2.1 Konsentrasi ion-ion logam berat dalam air limbah industri elektroplating

Parameter	Konsentrasi ion logam berat dalam air limbah industri elektroplating (mg/L)
Kromium valensi VI (Cr ⁶⁺)	65,60
Sianida (CN)	0,53
Nikel (Nikel ²⁺)	52,60
Seng (Zn ²⁺)	1,75
Timbal (Pb ²⁺)	3,56
Kadmium (Cd ²⁺)	0,95
Tembaga (Cu ²⁺)	5,70
Kromium Total (Cr tot)	79,10
pH	3,00

Sumber: Sumada, 2006

2.1.2 Baku Mutu Limbah Elektroplating

Berdasarkan data karakteristik limbah elektroplating, kualitas air limbah industri elektroplating masih diatas baku mutu air limbah untuk industri elektroplating yang ditetapkan, oleh karena itu air limbah industri elektroplating sebelum dialirkan keperairan sungai perlu dilakukan pengolahan terlebih dahulu.

Tabel 2.2 Baku Mutu Air Limbah Industri Pelapisan Logam

Parameter	Kadar Maksimum (mg/l)
Volume Limbah Cair Maximum 20L per m ² produk yang dilapisi	
TSS	20
Sianida Total (CN) tersisa	0,2
Krom Total (Cr)	0,5
Krom Heksavalen (Cr ⁶⁺)	0,1
Tembaga (Cu)	0,6
Seng (Zn)	1
Nikel (Ni)	1
Kadmium (Cd)	0,05
Timbal (Pb)	0,1
pH	6-9

Sumber: Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 52 Tahun 2014

2.2 Pengolahan Limbah Cair dengan Proses Filtrasi

Filtrasi merupakan proses penjernihan atau penyaringan air limbah melalui media dimana selama air melalui media akan terjadi perbaikan kualitas. Hal ini disebabkan adanya pemisahan partikel-partikel tersuspensi dan koloid, reduksi bakteri dan organisme lainnya dan pertukaran konstituen kimia yang ada dalam air limbah.

Filtrasi adalah salah satu bentuk untuk menghasilkan effluent limbah dengan efisiensi tinggi. Faktor yang perlu diperhatikan untuk menjaga efisiensi filtrasi adalah:

- a) Menghilangkan partikulat dan koloidal yang tidak mengendap setelah flokulasi biologis atau kimia.
- b) Menaikkan kehilangan suspensi solid, kekeruhan, fosfor, BOD, COD, bakteri dan lain-lain.
- c) Mengurangi biaya desinfektan.

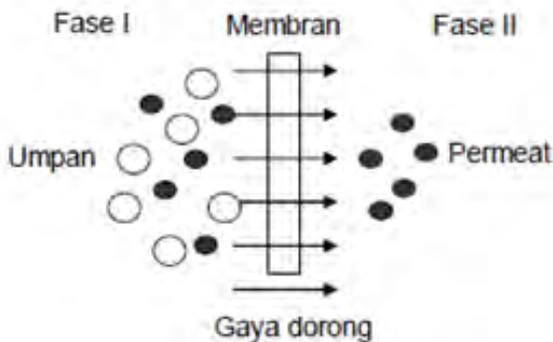
Dalam proses filtrasi terdapat kombinasi antara beberapa proses yang berbeda. Proses-proses tersebut meliputi:

- 1) *Mechanical straining*
Merupakan proses penyaringan partikel tersuspensi yang terlalu besar untuk dapat lolos melalui ruang antara butiran media.
- 2) *Sedimentasi*
Merupakan proses mengendapnya partikel tersuspensi yang berukuran lebih kecil dari lubang pori-pori pada permukaan butiran.
- 3) *Adsorpsi*
Prinsip proses ini adalah akibat adanya perbedaan muatan antara permukaan butiran dengan partikel tersuspensi yang ada di sekitarnya sehingga terjadi gaya tarik-menarik.
- 4) *Aktifis kimia*
Merupakan proses dimana partikel yang terlarut diuraikan menjadi substansi sederhana dan tidak berbahaya atau diubah menjadi partikel tidak terlarut, sehingga dapat dihilangkan dengan proses penyaringan, sedimentasi dan adsorpsi pada media berikutnya.
- 5) *Aktifis biologi*
Merupakan proses yang disebabkan oleh aktifitas mikroorganisme yang hidup di dalam filter (Edahwati, 2009).

2.3 Definisi Membran

Kata membran berasal dari bahasa latin *membrana* yang berarti potongan kain. Membran adalah suatu lapisan yang memisahkan dua fasa dimana perpindahan massanya dapat diatur dan hanya dapat dilewati oleh ion-ion tertentu. Komponen aktif membran adalah suatu senyawa bermuatan atau netral yang mampu membentuk senyawa kompleks dengan ion-ion secara reversibel dan membawanya melalui membran organik. Senyawa seperti ini disebut ionofor atau pembawa ion (*ion carrier*). Membran disebut juga selaput dan bersifat semipermeabel yang memungkinkan lewatnya jenis molekul tertentu. Membran dapat berupa padatan ataupun campuran dan berfungsi sebagai media pemisah yang selektif berdasarkan perbedaan kofesien difusivitas, muatan listrik maupun perbedaan kelarutan (Meriatna, 2008).

Skema yang mewakili gambaran proses pemisahan dengan membran ditunjukkan pada Gambar 2.1 (Mulder, 1996). Fase I biasanya dikatakan sebagai umpan atau fase sisi aliran atas, sedang fase II dikatakan sebagai permeat atau sisi aliran bawah. Menurut Wang (2013) dalam proses perpindahan partikel atau molekul dalam teknologi membran melibatkan umpan (cair dan gas), dan gaya dorong (*driving force*) akibat perbedaan tekanan (ΔP), perbedaan konsentrasi (ΔC) dan perbedaan energi (ΔE).



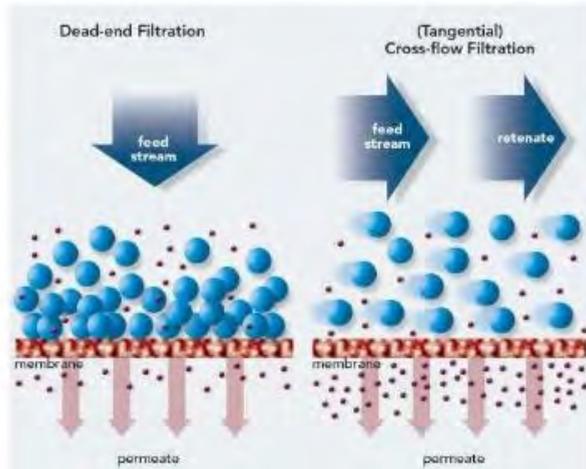
Gambar 2.1 Sistem dua fase yang dipisahkan oleh membran

Sumber: Mulder, 1996

Membran merupakan suatu lapisan tipis antara dua fasa fluida yaitu fasa umpan (*feed*) dan fasa permeat yang bersifat sebagai penghalang (*barrier*) terhadap suatu spesi tertentu, yang dapat memisahkan zat dengan ukuran yang berbeda serta membatasi transpor dari berbagai spesi berdasarkan sifat fisik dan kimianya. Membran bersifat semipermeabel, berarti membran dapat menahan spesi-spesi tertentu yang lebih besar dari ukuran pori membran dan melewatkan spesi-spesi lain dengan ukuran lebih kecil. Sifat selektif dari membran ini dapat digunakan dalam proses pemisahan (Mulder, 1996).

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. Filtrasi dengan menggunakan membran berfungsi sebagai sarana pemisahan dan juga sebagai pemekatan dan pemurnian dari suatu larutan yang dilewatkan pada membran tersebut (Mulder, 1996).

Dalam operasi membran dikenal dua jenis aliran umpan, yaitu aliran *crossflow* dan aliran *dead-end* yang ditunjukkan pada Gambar 2.2. Pada sistem *crossflow*, arah aliran umpan paralel atau sejajar pada permukaan membran. Aliran paralel tersebut akan menghasilkan gaya geser (*shear forces*) dan/atau turbulensi didekat permukaan membran sehingga pembentukan filter cake (deposisi partikel yang menumpuk pada permukaan membran) relatif kecil. Pada aliran *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 *et al.*, 1997). Dengan demikian, pada aliran *dead-end* penyumbatan (*clogging*) dan pembentukan cake pada membran lebih cepat terjadi dibandingkan dengan sistem aliran *cross-flow* karena deposisi partikel pada permukaan membran akan tersapu (*swept away*) oleh kecepatan aliran umpan.



Gambar 2.2 Skema sistem operasi membran

Sumber: Widayanti, 2013

Menurut Paterson (1987), teknologi membran memiliki kelebihan diantaranya :

- a. Biaya kapital yang lebih rendah dibandingkan dengan teknologi pemisahan yang konvensional.
- b. Biaya operasional lebih rendah dibandingkan dengan proses sentrifugasi yang membutuhkan energi yang tinggi.
- c. Pengadaan skala dapat dengan mudah dilakukan dan dipasang dengan cepat.
- d. Merupakan pemisahan yang bersih dan sedikit menimbulkan kerusakan produk.

Keunggulan membran dibandingkan dengan pengolahan secara konvensional dalam pengolahan air limbah antara lain (Wenten, 1999) yaitu memerlukan energi yang lebih rendah untuk operasi dan pemeliharaan, desain dan konstruksi untuk sistem dengan skala kecil, peralatannya modular sehingga mudah di-*scale up* dan tidak butuh kondisi ekstrim (temperatur dan pH). Walaupun demikian, membran mempunyai keterbatasan seperti

terjadinya fenomena polarisasi konsentrasi, *fouling*, yang menjadi pembatas bagi volume air terolah yang dihasilkan dan juga keterbatasan umur membran.

2.4 Permeabilitas Membran

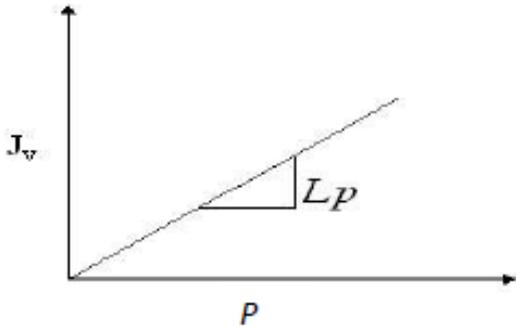
Permeabilitas suatu membran merupakan ukuran kecepatan dari suatu spesi atau konstituen menembus membran. Secara kuantitas, permeabilitas membran sering dinyatakan sebagai fluks atau koefisien permeabilitas. Definisi dari fluks adalah jumlah volume permeat yang melewati satuan luas membran dalam waktu tertentu dengan adanya gaya dorong dalam hal ini berupa tekanan. Secara sistematis fluks dirumuskan sebagai (Mulder, 1996) :

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

dimana :

- J = Fluks (L/m².jam)
- V = Volume permeat (ml)
- A = Luas permukaan membran (m²)
- t = Waktu (jam)

Beberapa satuan SI yang dipakai untuk menyatakan fluks antara lain: L/m².jam dan L/m².hari. Sebelum uji fluks, terlebih dahulu dilakukan kompaksi terhadap membran yang akan diuji. Kompaksi dilakukan dengan mengalirkan air melewati membran hingga diperoleh fluks air yang konstan. Penurunan fluks air akan terjadi karena adanya deformasi mekanik pada matriks membran akibat tekanan yang diberikan. Proses deformasi ini mengakibatkan terjadinya pemadatan pori membran, sehingga nilai fluks menjadi turun. Perlakuan tersebut akan menghasilkan nilai fluks untuk setiap tekanan pada membran, kemudian dibuat grafik nilai perubahan tekanan (sebagai sumbu X) dan nilai fluks (sebagai sumbu Y). Nilai L_p (konstanta permeabilitas) ditentukan dari nilai slope yang didapatkan pada setiap grafik yang ditunjukkan pada Gambar 2.3 (Farida, 2013).



Gambar 2.3 Penentuan nilai permeabilitas (L_p)

Sumber: Farida, 2013

Laju fluks akan menurun sejalan dengan waktu akibat adanya polarisasi konsentrasi, *fouling* dan *scaling*. Secara berkala dilakukan pencucian dengan air, ataupun dengan zat kimia (*chemical washing*) seperti misalnya dengan NaOH, Na-asetat atau asam sitrat untuk mengatasi *fouling* yang terjadi.

2.5 Permselectivitas Membran

Menurut Wenten (1999), permselectivitas suatu membran merupakan ukuran kemampuan suatu membran untuk menahan suatu konsentrat atau melewatkan suatu konsentrat tertentu. Parameter yang digunakan untuk menggambarkan permselectivitas membran adalah koefisien rejeksi (R). Koefisien rejeksi adalah fraksi konsentrasi zat terlarut yang tidak menembus membran, dan dirumuskan sebagai berikut :

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

dimana :

R = Koefisien rejeksi (%)

C_p = Konsentrasi zat terlarut dalam permeat

C_f = Konsentrasi zat terlarut dalam umpan

Nilai R bervariasi antara 0–100%, dimana R 100% artinya terjadi pemisahan sempurna, dalam hal ini membran semi permeabel ideal sedangkan nilai R 0% berarti partikel semua lolos dari membran. Suatu fenomena umum yang sering ditemukan dalam suatu proses pemisahan dengan membran yaitu apabila fluks membran besar maka rejeksi juga akan rendah demikian pula sebaliknya jika rejeksi tinggi maka fluks juga akan rendah. Biasanya membran yang baik memiliki porositas permukaan yang tinggi (fraksi pori/luas permukaan) dan distribusi ukuran pori yang sesempit mungkin sehingga perlu dilakukan suatu optimasi terhadap perlakuan membran untuk mendapatkan fluks dan rejeksi yang tinggi (Mulder, 1996).

2.6 Membran Filtrasi

Membran Filtrasi merupakan proses separasi dengan menggunakan membran yang memiliki ukuran pori $\leq 0,1$ mikron. Teknologi telah banyak digunakan dalam berbagai bidang antara lain farmasi, bioteknologi, makanan dan minuman serta pemisahan gas. Berdasarkan karakteristik membran filtrasi, membran dibagi menjadi 4 macam yaitu membran mikrofiltrasi (MF), membran ultrafiltrasi (UF), membran nanofiltrasi (NF) dan membran *reverse osmosis* (RO). Karakteristik membran dapat dilihat pada Tabel 2.3 berikut ini.

Tabel 2.3 Karakteristik Membran Filtrasi

SIFAT	MIKRO FILTRASI	ULTRA FILTRASI	NANO FILTRASI	REVERSE OSMOSIS
Membran	Berpori asimetric	Berpori asimetric	Komposit	Komposit
Ketebalan	10-150 μm	150 μm	1-150 μm	1-150 μm
Ukuran Pori	0,05-10 μm	5-20 nm	2-5 nm	< 2 nm
Prinsip Penyaringan	Mekanisme penyaringan	Mekanisme penyaringan	Solution diffusion	Solution diffusion
Gaya Pendorong	0,5-5 atm	1-10 atm	7-30 atm	20-100 atm

SIFAT	MIKRO FILTRASI	ULTRA FILTRASI	NANO FILTRASI	REVERSE OSMOSIS
Fluks Air Murni	200 - 10.000 L/m ² .hr	100 - 2000 L/m ² .hr	20-2000 L/m ² .hr	10-100 L/m ² .hr
Material Membran	Polimer, keramik	Polimer, keramik	Poliamida	Selulosa Triasetat, Poliamida

Sumber: Wenten, 1999

Mulder (1996) menyatakan kisaran fluks dan tekanan berbagai jenis membran dapat dilihat pada Tabel 2.4 berikut ini.

Tabel 2.4 Jenis Membran Berdasarkan Nilai Fluks

Jenis Membran	Kisaran Tekanan (bar)	Kisaran Fluks (L/m ² jam.bar)
Mikrofiltrasi	0.1-2	>50
Ultrafiltrasi	1,0-5,0	10-50
Nanofiltrasi	5,0-20	1,4-12
Reverse Osmosis	10-100	0,05-14

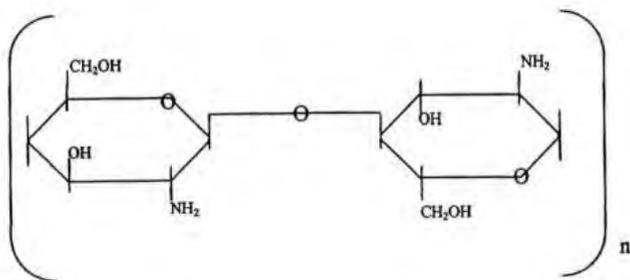
Sumber: Mulder, 1996

2.7 Karakteristik Kitosan

Kitosan merupakan produk yang terbuat dari khitin, yaitu salah satu biopolimer alam yang banyak ditemui dunia. Sumber khitin yang paling potensial adalah kerangka luar crustacea (kepiting, lobster, udang, dan sebagainya) dan serangga, dinding struktural fungi serta hewan tingkat rendah (Hale, 1986 dan Mckay *et. al.*, 1987). Pemrosesan khitin dengan alkali menghasilkan kitosan yang merupakan sebuah substansi heterogen dari proses deasetilasi khitin (Nisperoscarriedo, 1995).

Walaupun tersebar luas di alam sumber utama khitin yang dapat digunakan dalam pengembangan lebih lanjut ialah limbah udang, berupa kepala dan kulit dikarenakan limbah ini mudah didapat dalam jumlah yang besar sebagai limbah hasil industri pengolahan udang (Suptijah *et. al.*, 1992). Khitin murni didapatkan dengan dilakukannya proses isolasi khitin yang terdiri dari dua tahap, yaitu tahap pemisahan mineral (demineralisasi) dan pemisahan protein (deproteinasi) yang dilanjutkan dengan pemutihan (Suptijah *et. al.*, 1992). Proses demineralisasi dapat dilakukan dengan penambahan HCl 1N dengan perbandingan bobot bahan dan volume pengeskrak sebanyak 1:7 (b/v) selama satu jam pada suhu 90°C (Suptijah *et. al.*, 1992). Proses deproteinasi dilakukan bertujuan untuk menghilangkan protein dari limbah udang tersebut. Penggunaan larutan NaOH 3,5% dengan pemanasan 65°C selama dua jam dapat dilakukan sebagai alternatif deproteinasi (Suptijah *et. al.*, 1992).

Kitosan merupakan produk deasetilasi khitin dengan alkali kuat. Kitosan adalah polimer linier yang memiliki nama (1-4)-2-amino-2-deoksi-β-D-glukosa (Colwell, 1984). Kitosan berbentuk spesifik dan mengandung gugus amino dalam rantai karbonnya. Hal ini menyebabkan kitosan bermuatan positif yang berlawanan dengan polisakarida lainnya (Ornum, 1992). Kitosan larut dengan cepat dalam asam organik cair, seperti asam formiat, asam asetat, asam sitrat dan asam mineral lain kecuali sulfur (Mckay *et. al.*, 1987).



Gambar 2.4 Struktur Kitosan

Sumber: Muzzarelli, 1973

Kemampuan kitosan untuk mengikat logam dengan cara pengkhelat adalah dihubungkan dengan kadar nitrogen yang tinggi pada rantai polimernya. Kitosan mempunyai satu kumpulan amino linier bagi setiap unit glukosa. Kumpulan amino ini mempunyai sepasang elektron yang dapat berkoordinat atau membentuk ikatan-ikatan aktif dengan kation-kation logam. Unsur nitrogen pada setiap monomer kitosan dikatakan sebagai gugus aktif berkoordinat dengan kation logam (Hutahahean, 2011). Interaksi kitosan dengan ion logam terjadi karena proses pengkompleksan dimana penukaran ion, penyerapan dan pengkhelatan terjadi selama proses berlangsung. Ketiga proses tersebut tergantung dari ion logam masing-masing seperti penukaran ion logam masing-masing seperti penukaran ion logam pada logam Ca. Kitosan menunjukkan afinitas yang tinggi pada logam transisi logam golongan, begitu pada logam yang bukan golongan alkali dengan konsentrasi rendah (Muzzarelli, 1973).

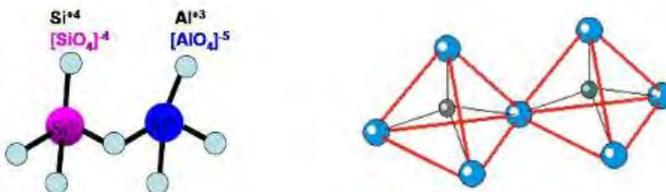
2.8 Karakteristik Zeolit

Zeolit adalah senyawa yang tersusun dari senyawa silika (SiO_2) dan alumina (Al_2O_3) sebagai komponen utama. Gabungan senyawa ini disebut aluminosilikat. Zeolit bisa didapatkan dari alam atau diperoleh secara sintesis. Zeolit banyak digunakan sebagai adsorbent. Sifat spesifik dari zeolit banyak dimanfaatkan sebagai penukar ion (ion-exchange) dan dikembangkan sebagai pendukung atau sebagai bahan dasar katalis (Pujiastuti, 2007). Zeolit mempunyai sifat khas yang diakibatkan oleh struktur dan komposisi kimianya, antara lain (Pujiastuti, 2007):

- a. Sangat berpori karena zeolit tersusun dari kerangka jaringan tetrahedra SiO_4 dan AlO_4 dan pori-porinya berukuran kecil.
- b. Dapat mempertukarkan ion karena adanya perbedaan muatan antara Si (+4) dengan Al (+3).
- c. Bersifat asam karena penggantian kation penetral dengan proton akan menimbulkan pusat asam bronstead.
- d. Mudah dimodifikasi karena setiap tetrahedra dapat dikontakkan dengan bahan-bahan pemodifikasi yang dapat dikarenakan pada zeolit diantaranya adalah pertukaran kation.

Zeolit dapat dimanfaatkan sebagai material filtrasi karena mampu memisahkan molekul berdasarkan ukuran, bentuk, polaritas dan derajat ketidakjenuhan. Zeolit dapat dimodifikasi dengan cara sintesis untuk meningkatkan kandungan silika sehingga dapat meningkatkan sifat hidrofobik pada zeolit (Tavolaro, 1999).

Zeolit banyak ditemukan dalam batuan. Kerangka dasar struktur zeolit terdiri dari unit-unit tetrahedral AlO_4^{5-} dan SiO_4^{4-} yang saling berhubungan melalui atom O dan di dalam struktur, Si^{4+} dapat diganti dengan Al^{3+} . Ikatan Al-O-Si membentuk struktur kristal sedangkan logam alkali atau alkali tanah merupakan sumber kation yang dapat dipertukarkan. Kerangka struktur tiga dimensi senyawa alumina silikat terdiri atas dua bagian, yaitu bagian netral dan bagian bermuatan. Bagian netral semata-mata dibangun oleh silikon dan oksigen dan jenisnya bervariasi antara SiO sampai SiO_2 dengan perbandingan Si:O dari 1:4 sampai 1:2. Bagian bermuatan dibangun oleh ion aluminium yang kecil dan oksigen. Dalam bagian ini terjadi penggantian ion pusat silikon bervalensi empat dengan kation aluminium yang bervalensi tiga, sehingga setiap penggantian ion silikon dan ion aluminium memerlukan satu ion logam alkali atau alkali tanah yang monovalen atau setengah ion logam divalen, seperti: Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Ba^{2+} , Sr^{2+} , dan lain-lain untuk menetralkan muatan listriknya (Lestari, 2010). Struktur kerangka utama zeolit dapat dilihat pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5 Kerangka Utama Zeolit

Sumber: Guisnet et al., 2002

Pengaruh baik yang disebabkan sifat-sifat zeolit adalah mempunyai muatan negatif yang tinggi sehingga dapat mengikat unsur hara dan meloloskannya sedikit demi sedikit, sifat memegang air yang tinggi, menekan unsur yang beracun seperti Al, Fe, Mn, Cd, Pb, Cu dan Zn. Zeolit juga mampu mengikat atau menyimpan pupuk dan melepaskannya kembali sesuai dengan kebutuhan tanaman sehingga penggunaan pupuk lebih efisien (Budiono, 1999).

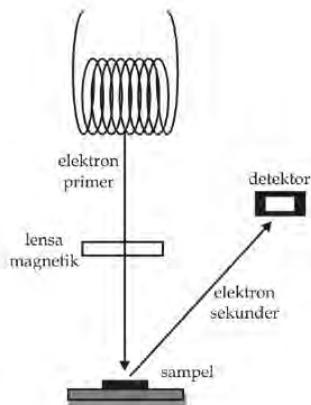
Mekanisme penghilangan logam menggunakan zeolit termasuk reaksi pertukaran ion. Zeolit ini dapat digunakan sebagai adsorben untuk menghilangkan logam dalam larutan karena zeolit mempunyai muatan negatif akibat adanya perbedaan muatan antara Si^{4+} dengan Al^{3+} . Muatan negatif ini muncul karena atom Al yang bervalensi 3 harus mengikat 4 atom oksigen yang lebih elektronegatif dalam kerangka zeolit. Dengan adanya muatan negatif ini, maka zeolit mampu mengikat kation dengan ikatan yang lemah seperti kation Na dan Ca. Karena lemahnya ikatan inilah, maka zeolit bersifat sebagai penukar kation yaitu kation Na atau Ca akan tergantikan posisinya dengan ion logam misalnya Cu(II) . Adsorpsi kation logam berat terjadi pada permukaan dengan grup hidroksil pada zeolit dan kombinasi muatan positif dari kation logam dan muatan negatif pada permukaan zeolit (Said dkk, 2008).

Proses aktivasi zeolit dapat dilakukan secara fisika dengan pengecilan ukuran, pengayakan dan pemanasan suhu tinggi. Sedangkan proses aktivasi secara kimia bisa dilakukan dengan pengasaman. Proses aktivasi secara fisika berfungsi untuk menghilangkan pengotor anorganik (Ertan, 2005). Proses pengaktifan zeolit dapat menggunakan asam seperti HCl atau garam seperti NaCl dan NH_4Cl (Sutarti, 1994).

2.9 Karakterisasi Membran

Untuk memperoleh gambaran mengenai struktur mikro permukaan dan penampang lintang membran keramik digunakan mikroskop elektron (*Scanning Electron Microscopy*). Sedangkan analisis EDX merupakan teknik analisis yang terintegrasi dengan SEM (Priyambodo, 2008). Pemeriksaan dengan SEM pada dasarnya merupakan pemeriksaan dan data analisis permukaan.

Tampilan yang diperoleh adalah data dari permukaan yang tebalnya sekitar 20 μm dari permukaan (Siswosuwarno, 1996). Mikroskop elektron bekerja dengan cara menembakkan elektron primer ke arah spesimen sampel. Berkas elektron yang mengenai spesimen sampel akan dipantulkan berupa elektron sekunder yang nantinya akan dideteksi oleh detektor. Untuk dapat dianalisis dengan mikroskop elektron permukaan sampel harus bersifat konduktif secara listrik. Oleh karena itu, permukaan sampel yang bukan konduktor perlu diberi lapisan tipis logam seperti emas (Au) atau paladium (Pd). Selain itu, permukaan sampel harus bersih dari pengotor. A adanya material atau pengotor pada permukaan sampel yang tidak konduktif akan menyebabkan gambar yang dihasilkan mikroskop elektron berwarna sangat terang. Adapun prinsip kerja mikroskop elektron dapat dilihat pada Gambar 2.4.



Gambar 2.6 Prinsip Kerja Mikroskop Elektron

Sumber: Siswosuwarno, 1996

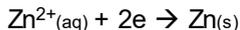
2.10 Pelapisan Seng dengan Metode Elektroplating

Pada umumnya, proses pelapisan seng antara lain untuk mendapatkan lapisan pada permukaan logam dasar dengan maksud :

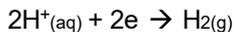
- Sebagai lapisan pelindung
- Memperbaiki tampak rupa
- Sebagai lapisan dasar untuk proses selanjutnya

Pelapisan menggunakan arus listrik searah, dengan cara kerja seperti elektrolisa. Logam seng bertindak sebagai anoda, sedangkan logam dasar bertindak sebagai katoda.

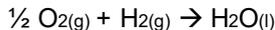
Proses pelapisan pada benda kerja dapat diterangkan dengan mengambil contoh elektroplating seng (Zn) menggunakan elektrolit Zinc Cate. Ion logam seng (Zn^{2+}) dalam elektrolit yang bermuatan positif menuju benda kerja (katoda) yang bermuatan negatif sehingga ion logam Zn^{2+} akan tereduksi menjadi logam Zn dan mengendap di katoda membentuk lapisan logam (deposit), menurut reaksi:



(pembentukan lapisan seng)



(pembentukan gas hidrogen)

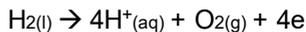


(reduksi oksigen terlarut)

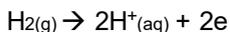
Ion seng dalam elektrolit yang telah tereduksi dan menempel di katoda, posisinya akan diganti oleh anoda seng yang teroksidasi dan larut dalam elektrolit menurut reaksi:



(oksidasi anoda seng ke dalam elektrolit)



(pembentukan gas oksigen)



Apabila proses elektroplating berjalan seimbang maka konsentrasi elektrolit akan tetap, anoda makin lama berkurang dan terjadi pengendapan (deposit) logam yang melapisi katoda sebagai benda kerja (Raharjo dkk, 2013).

2.11 Logam Seng (Zn)

Seng merupakan logam transisi golongan 12. Logam golongan ini dan logam-logam golongan 2 (alkali tanah) mempunyai konfigurasi elektronik terluar yang sama yaitu elektron valensi ns^2 . Oleh karena itu dalam beberapa hal, logam-logam golongan 12 mempunyai kemiripan sifat kimiawi dengan logam-logam golongan 2, dan dengan demikian sering dipertimbangkan sebagai golongan unsur-unsur utama atau representatif (Sugiyarto dkk, 2010). Karakteristik logam-logam golongan transisi dapat dilihat pada Tabel 2.5.

Tabel 2.5 Beberapa Sifat Unsur Golongan Transisi

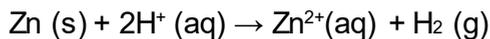
Karakteristik	${}_{24}\text{Cr}$	${}_{30}\text{Zn}$	${}_{48}\text{Cd}$
Densitas / g cm^{-3}	7,1	7,14	8,65
Titik leleh / $^{\circ}\text{C}$	1900	419,5	320,8
Titik didih / $^{\circ}\text{C}$	2690	907	765
Jari-jari atomik / pm (Bilangan Koordinasi = 12)	128	134	151
Jari-jari ionik / pm	$M^{6+} = 44$ $M^{5+} = 49$ $M^{4+} = 55$ $M^{3+} = 61,5$ $M^{2+} = 73;80$	$M^{2+} = 74$	$M^{2+} = 95$
Konfigurasi elektronik	${}_{[18}\text{Ar}] 3d^5 4s^1$	${}_{[18}\text{Ar}] 3d^{10} 4s^2$	${}_{[36}\text{Kr}] 4d^{10} 5s^2$
Elektronegativitas	1,6	1,6	1,7

Sumber: Sugiyarto dkk, 2010

Seng merupakan salah satu unsur dengan simbol Zn, memiliki nomor atom 30, massa atom 65,37 g/mol, dan terdapat pada golongan IIB unsur transisi di dalam tabel periodik. Seng adalah

salah satu logam berat yang mengerahkan efek beracun pada konsentrasi tinggi dan bahkan pembuangan industri, air rumahan dan sumber air sering diperkaya dengan konsentrasi logam yang tinggi (Eddy *et. al.*, 2008).

Seng adalah logam yang putih kebiruan, logam ini cukup mudah ditempa dan liat pada 110 – 150°C. Seng melebur pada 410°C dan mendidih pada 906°C. Logamnya yang murni, melarut lambat sekali dalam asam dan dalam alkali, adanya zat-zat pencemar atau kontak dengan platinum atau tembaga, yang dihasilkan oleh penambahan beberapa tetes larutan garam dari logam-logam ini, mempercepat reaksi. Ini menjelaskan larutnya seng-seng komersial. Seng tersebut dengan mudah larut dalam asam klorida encer dan asam sulfat encer dengan mengeluarkan hidrogen :



Seng membentuk hanya satu seri garam, garam-garam ini mengandung kation seng(II), yang diturunkan dari seng oksida, ZnO (Vogel, 1990).

Seng memiliki konfigurasi elektron [Ar] 3d¹⁰ 4s² dengan radius ion sebesar ± 74 pm. Sebagian besar garam seng larut dalam air yang menunjukkan bahwa jika logam ini lepas ke dalam air permukaan maka memungkinkan untuk memberikan efek toksik atau berbahaya. Oleh karena itu penghilangan logam ini dari air dan air limbah penting untuk melindungi kesehatan masyarakat. Seng menjadi perhatian karena toksisitas dan non-biodegradabilitasnya dengan dampak negatif pada ikan ketika dilepaskan ke sungai. (Besser *et al.*, 1987; Gerhardt *et al.*, 2004). Kadar dosis Zn yang berlebihan menyebabkan depresi, kelesuan, penyakit syaraf seperti serangan jantung dan ataxia (Zhang *et al.*, 2010).

2.12 Pencucian Membran dengan Menggunakan Bahan Kimia

Pencucian membran dengan menggunakan bahan kimia harus sesuai dengan material membran dan harus dipilih sesuai dengan zat *fouling/scaling*. Batasan kondisi operasi normal (tekanan, suhu, aliran) yang direkomendasikan oleh pabrik pembuatnya harus

tidak terlampau selama proses pencucian untuk mencegah kerusakan membran (Wenten,1999). Pemakaian zat pencuci kimia untuk mencuci membran antara lain:

1. Asam

Bermacam-macam asam anorganik, organik dan campuran organik telah digunakan untuk menghilangkan endapan. Yang paling umum digunakan adalah asam hidroklorik, phosphoric, dan sulfuric, asam organik (yaitu asam oksalat, asam sitrat) dan asam garam seperti sodium dan asam ammonium sitrat.

Meskipun asam-asam efektif dalam penghilangan kerak kalsium (yaitu kalsium karbonat dan kalsium fosfat), oksida besi dan logam sulfida tetapi kurang efektif untuk menghilangkan kerak yang terbentuk oleh silika dan logam silika dan dalam penghilangan suspended solid biologikal dan foulant organik lain.

2. Basa

Larutan pencuci biasa yang banyak digunakan antara lain hidroksida, fosfat, karbonat dan silikat. Larutan ini umumnya digunakan untuk melepaskan, membuat emulsi dan mendispersikan (menyebarkan) endapan.

Basa sangat efektif sebagai zat pencuci pada kotoran yang berupa silika, koloid organik dan anorganik. Basa juga dapat dipakai sebagai zat sanitasi (sanitizer).

3. *Chelant*

Selain asam dan basa, chelant juga digunakan untuk menghilangkan endapan dari membran. Umumnya chelant meliputi ethylene diamine tetra acid (EDTA), asam phosphonocarboxylic, asam glukonik, asam sitrat dan polimer. Umumnya asam glukonik efektif dalam menghilangkan ion ferri dalam larutan basa kuat.

4. Surfaktan

Surfaktan sangat efektif untuk menghilangkan minyak atau lemak dan kotoran-kotoran organik pada permukaan. Fungsi surfaktan sebagai zat pencuci adalah mengambil kotoran-kotoran pada permukaan membran dengan

adsorpsi permukaan, mengemulsikan minyak dan melarutkan kotoran hidrofobik. Bagian hidrofobik surfaktan bergabung dengan kotoran hidrofobik yang akan menyebabkan kotoran tersebut naik bersama surfaktan menuju larutan.

5. Desinfektan

Desinfektan berfungsi sebagai pembasmi/penghancur mikroorganisme sehingga dalam industri makanan dan susu, proses pencucian membran selalu menggunakan desinfektan. Beberapa desinfektan yang digunakan dalam pencucian membran NaOCl, H₂O, CH₃COOH, HOCl.

Tabel 2.6 Formulasi Pencuci Membran Generik

Bahan pencuci	Berfungsi untuk menghilangkan			
	Scale/ Oksida Logam	Colloidal/ Partikulat	Biological	Organik
Asam hidroksida 0,5% (wt)	√			
Asam sitrat 2% (wt) dan amonium hidroksida (pH 4.0)	√			
Asam fospat 0,5% (wt)	√			
Sodium hidroksida pH 11-11,9		√	√	
Trisodium fospat dan sodium tripolyphosphat 1% (wt), garam sodium (EDTA 1 % (wt)) dan sodium hidroksida pH 11,5-11,9		√	√	

Bahan pencuci	Berfungsi untuk menghilangkan			
	Scale/ Oksida Logam	Colloida/ Partikulat	Biological	Organik
Sodium hidrosulfida 1% (wt)	√			
BIZ* 0,5% (wt)			√	
Asam sitrat 2,5% (wt) dan ammonium biflorida 2,5% (wt)	√			

* Trademark of Proctor & Gamble, USA untuk deterjen pada United States

Sumber: Wenten, 1999

2.13 Spektroskopi Serapan Atom

Spektroskopi serapan atom atau *atomic absorption spectroscopy* (AAS) merupakan metode yang tepat untuk menganalisis zat dengan konsentrasi yang rendah. Metode AAS berprinsip pada absorpsi cahaya oleh atom. Atom-atom menyerap cahaya tersebut pada panjang gelombang tertentu, tergantung pada sifat unsurnya. Cahaya pada panjang gelombang tertentu tersebut mempunyai cukup energi untuk mengubah tingkat elektronik suatu atom. Dengan adsorpsi energi, berarti memperoleh lebih banyak energi, suatu atom pada keadaan dasar dinaikkan tingkat energinya ke tingkat eksitasi. Panjang gelombang tertentu itu akan menghasilkan garis spektrum yang tajam dan dengan intensitas maksimum yang biasa disebut garis resonansi. Keberhasilan analisis ini tergantung pada proses eksitasi dan cara memperoleh garis resonansi yang tepat. Pengendalian temperatur akan menaikkan efisiensi atomisasi (Khopkar, 1990). Kisaran konsentrasi untuk AAS dapat dilihat pada Tabel 2.7 berikut ini.

Tabel 2.7 Kisaran Konsentrasi AAS

Elemen	Panjang Gelombang (nm)	Nyala Api	Batas Deteksi (mg/L)	Sensitivitas (mg/L)	Kisaran Konsentrasi (mg/L)
Ag	328	A-Ac	0,010	0,060	0,1-4
Al	309	N-Ac	0,100	1,000	5-100
Au	243	A-Ac	0,010	0,250	0,5-20
Ba	554	N-Ac	0,030	0,400	1-20
Ca	423	A-Ac	0,003	0,080	0,2-20
Zn	229	A-Ac	0,002	0,025	0,05-2
Co	241	A-Ac	0,030	0,200	0,5-10
Cr	358	A-Ac	0,020	0,100	0,2-10
Cs	852	A-Ac	0,020	0,300	0,5-15
Cu	325	A-Ac	0,010	0,100	0,2-10
Fe	248	A-Ac	0,020	0,120	0,3-10
K	767	A-Ac	0,005	0,040	0,1-2
Li	671	A-Ac	0,002	0,040	0,1-2
Mg	285	A-Ac	0,001	0,007	0,02-2
Mn	280	A-Ac	0,010	0,050	0,1-10
Pb	283	A-Ac	0,100	0,050	1-20

Sumber : Clesceri et al., 1998

2.14 Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu terkait penggunaan membran kitosan dan zeolit dapat dilihat pada Tabel 2.8 berikut:

Tabel 2.8 Penelitian Terdahulu

No	Hasil Penelitian	Peneliti	Tahun
1	Penelitian terkait pemanfaatan zeolit dalam pengolahan limbah elektroplating. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh ukuran zeolit dan penambahan NaEDTA pada penyerapan logam Zn pada limbah elektroplating	Pujiastuti dan Erwan	2007
2	Penggunaan membran kitosan untuk menurunkan kadar logam krom (Cr) dan Nikel (Ni) dalam limbah industri pelapisan logam	Meriatna	2008
3	Penelitian ini menunjukkan bahwa, adsorpsi gas karbon monoksida (CO) paling besar pada perlakuan A5B5 dengan komposisi adsorben 80 gram zeolit dan 20 gram larutan kitosan sebesar 51,336 * 2,192 %.	Ronaldo	2008
4	Pada pengukuran fluks, nilai fluks terbaik dihasilkan oleh membran dengan komposisi 50%:50% pada tekanan 4 kg/cm ² yaitu sebesar 21,544 (l/m ² -jam). Sedangkan rejeksi terbaik dihasilkan oleh membran dengan komposisi 75%:25% pada tekanan 1 kg/cm ² yaitu sebesar 87,029%	Farha dan Kusumawati	2012

No	Hasil Penelitian	Peneliti	Tahun
5	Telah dilakukan penelitian sintesis kitosan untuk pembuatan membran dari kulit udang galah untuk menurunkan fosfat pada limbah laundry. Konsentrasi kitosan 3% merupakan konsentrasi optimum untuk membuat membran kitosan.	Yunarsih	2013
6	Penelitian ini mengatakan bahwa efisiensi pencucian tertinggi berdasarkan nilai flux recovery yang didapat ialah sebesar 69,66% dan nilai Resistance Removal tertinggi didapat 30,55% dengan menggunakan bahan kimia pencuci detergen 1,5% dan tekanan trans-membran 0,6 bar. Nilai flux recovery tertinggi yang didapat ketika menggunakan bahan kimia pencuci NaOH adalah 40,30% pada konsentrasi 1,5 bar dan tekanan trans-membran 0,3 bar.	Syarfi dan Khairat	2013

No	Hasil Penelitian	Peneliti	Tahun
7	<p>Penelitian ini mengatakan bahwa persentase rejeksi suatu membran dipengaruhi oleh perubahan tekanan serta komposisi suatu larutan yang dilewatkan pada membran. Pada larutan umpan dengan konsentrasi glukomanan 0,5 gr/L air dan tekanan 1 bar, 2 bar dan 3 bar diperoleh rejeksi total sugar sebesar 51,91%, 68,57% dan 78,57%.</p>	Afriyani, dkk	2013
8	<p>Telah dilakukan penelitian mengenai pembuatan membran silika nanofiltrasi untuk mengurangi kekeruhan dan fosfat menggunakan reaktor dengan aliran crossflow dengan variasi massa silika 5, 8, dan 10 gram. Dari hasil penelitian didapatkan koefisien rejeksi terbaik adalah 5 gram 100% limbah dengan nilai rejeksi kekeruhan 91,33%.</p>	Aufiyah dan Damayanti	2013
9	<p>Telah dilakukan penelitian pembuatan membran kitosan untuk mengolah limbah POME (Palm Oil Mill Effluent). Dalam penelitiannya variasi terbaik dalam pembuatan membran kitosan didapatkan pada konsentrasi membran 50%:50% dan kecepatan pengadukan 300 rpm.</p>	Wahyuni	2015

Perbandingan nilai rejeksi pada masing-masing membran kitosan, membran zeolit dan membran kitosan dan zeolit dapat dilihat pada Tabel 2.9 berikut ini:

Tabel 2.9 Perbandingan Nilai Rejeksi Berdasarkan Jenis Membran

No	Jenis Membran	Jenis Limbah	Hasil Penelitian	Peneliti
1	Zeolit	Elektroplating	Kadar logam Zn dalam limbah elektroplating dengan konsentrasi awal 1,6 ppm dapat diserap oleh zeolit sampai 99,25%; ukuran zeolit 60 mesh dan penambahan Na-EDTA 10%.	Pujiastuti dan Erwan, 2007
2	Kitosan	Elektroplating	Membran kitosan dapat menurunkan kadar logam Cr sebesar 99,87% pada waktu kontak 30 menit dan menurunkan kadar logam Ni sebesar 99,13% pada waktu kontak 30 menit. Dengan kondisi terbaik penyerapan logam Cr pada konsentrasi	Meriatna, 2008

No	Jenis Membran	Jenis Limbah	Hasil Penelitian	Peneliti
			membran kitosan 3% dan untuk logam Ni pada konsentrasi 2%.	
3	Kitosan-Glisserol	Fe(III)	Membran komposit kitosan gliserol dapat menurunkan kadar ion logam Fe(III) dalam larutan hingga mencapai persen rejeksi 98,446%.	Lestari dan Maharani, 2012
4	Kitosan - PVA	Zat Warna Rhodamin B	Rejeksi terbaik dihasilkan oleh membran dengan komposisi 75%:25% pada tekanan 1 kg/cm ² yaitu sebesar 87,029%	Farha dan Kusumawati, 2012
5	Kitosan-Silika	Pb(II)	Membran yang memiliki karakteristik terbaik adalah membran dengan konsentrasi kitosan 3%	Yunianti dan Maharani, 2012

No	Jenis Membran	Jenis Limbah	Hasil Penelitian	Peneliti
			dengan nilai koefisien rejeksi paling tinggi yang dihasilkan adalah sebesar 26,84%.	
6	Kitosan	Zat Warna Rhodamin B	Nilai koefisien rejeksi yang dihasilkan oleh membran kitosan 1%, 2% dan 3% secara berturut-turut yaitu 26,83-45,40%; 28,95-70,33% dan 74,57-88,27%.	Kusumawati dan Septiana, 2012
7	Kitosan-Silika	Cr ⁶⁺	Koefisien rejeksi membran komposit kitosan silika tertinggi untuk filtrasi Cr ⁶⁺ yaitu 45,30% dengan konsentrasi awal 20 ppm	Noralia dan Maharani, 2013

No	Jenis Membran	Jenis Limbah	Hasil Penelitian	Peneliti
8	Zeolit-Silika	Limbah POME (Palm Mill Effluen)	Efisiensi removal COD tertinggi pada variasi konsentrasi air limbah 100% dan 50% yaitu 86,1% dan 79,6%. Efisiensi removal COD tertinggi pada variasi penambahan silika 3%; 1,5%; 0,5% berturut – turut adalah 84% ; 86,1% ; 74,1%. Efisiensi removal COD tertinggi pada variasi kecepatan centrifuge 200 rpm dan 600 rpm yaitu 77,6% dan 86,1%.	Sari,2015

Perbandingan nilai fluks pada masing-masing membran kitosan, membran zeolit dan membran kitosan dan zeolit dapat dilihat pada Tabel 2.10 berikut ini:

Tabel 2.10 Perbandingan Nilai Fluks Berdasarkan Jenis Membran

No	Jenis Membran	Jenis Limbah	Hasil Penelitian	Peneliti
1	Kitosan - PVA	Zat Warna Rhodamin B	Pada pengukuran fluks, nilai fluks terbaik dihasilkan oleh membran dengan komposisi 50%:50% pada tekanan 4 kg/cm ² yaitu sebesar 21,544 (l/m ² .jam).	Farha, 2012
2	Kitosan	Zat Warna Rhodamin B	Nilai fluks rhodamin B yang dihasilkan oleh membran kitosan 1%, 2% dan 3% berturut-turut adalah 16,052-38,372 L/m ² .jam; 10,875-27,446 L/m ² .jam dan 5,074-17,801 L/m ² .jam.	Kusumawati, 2012
6	Kitosan	Limbah Laundry	Fluks terbaik membran yaitu membran khitosan 3% dengan fluks 5,45 L/m ² .jam secara optimal dapat menurunkan kadar fosfat total.	Yunarsih, 2013
4	Zeolit	Limbah Laundry	Nilai fluks yang tertinggi terdapat pada variasi massa membran 3 gram sebesar 11,04 L/m ² .jam dan pada membran 6 gram	Sari, 2014

No	Jenis Membran	Jenis Limbah	Hasil Penelitian	Peneliti
			sebesar 10,19 L/m ² .jam	
2	Kitosan	Limbah POME (Palm Mill Effluen)	Nilai fluks tertinggi didapatkan pada variasi komposisi membran 70:30% (v/v), kecepatan pengadukan 100 rpm dan konsentrasi limbah 50% yaitu sebesar 40,20 L/m ² .jam.	Wahyuni, 2015
5	Zeolit-Silika	Limbah POME (Palm Mill Effluen)	Nilai fluks membran tertinggi pada variasi konsentrasi air limbah 100% yaitu 77,7 L/m ² .jam.. Nilai fluks tertinggi pada variasi konsentrasi air limbah 50% yaitu 95,54 L/m ² .jam. nilai fluks tertinggi pada variasi penambahan silika 3% ; 1,5% ; 0,5% yaitu 90,8 L/m ² .jam, 47,8 L/m ² .jam dan 95,54 L/m ² .jam. nilai fluks tertinggi pada variasi kecepatan centrifuge 200 rpm dan 600 yaitu 95,54 L/m ² .jam dan 65,09%.	Sari, 2015

BAB 3

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Umum

Metode penelitian merupakan langkah-langkah teknis yang dilakukan untuk memudahkan dalam pengerjaan tugas akhir. Dalam metodologi penelitian terdapat tahapan-tahapan penelitian dan metode yang dilakukan selama pelaksanaan tugas akhir, yaitu dari ide awal hingga pengerjaan laporan. Penelitian tugas akhir ini mempunyai tujuan untuk mengetahui penyisihan logam seng (Zn^{2+}) pada limbah elektroplating setelah mengalami pengolahan menggunakan membran kitosan dan zeolite.

3.2 Kerangka Penelitian

Kerangka penelitian pada metode penelitian merupakan tahapan-tahapan atau langkah-langkah yang akan dilakukan selama pengerjaan tugas akhir mulai dari awal hingga didapatkan hasil. Dalam kerangka penelitian ini diuraikan kegiatan-kegiatan yang akan dilakukan pada penelitian tugas akhir agar pelaksanaan penelitian dapat dilakukan dengan sistematis dan didapatkan hasil yang sesuai dengan tujuan serta mengurangi kesalahan yang terjadi saat penelitian. Diagram kerangka penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.1.

3.3 Ide Tugas Akhir

Ide penelitian dalam tugas akhir berasal dari identifikasi masalah yang terjadi pada usaha elektroplating yang sebagian besar limbahnya belum terolah secara maksimal. Untuk mengatasi masalah tersebut, digunakan teknologi membran yaitu dengan melakukan penelitian pemanfaatan kitosan dan zeolit sebagai bahan baku pembuatan membran untuk menurunkan kadar logam seng (Zn) pada limbah cair elektroplating.

Ide Penelitian:

Penggunaan membran sebagai teknologi yang murah dan efektif untuk pengolahan air limbah



Studi Literatur:

- Limbah Elektroplating
- Pengolahan Limbah Cair dengan Proses Filtrasi
- Definisi Membran
- Permeabilitas Membran
- PermSelektivitas Membran
- Membran Filtrasi
- Karakteristik Kitosan
- Karakteristik Zeolit
- Karakteristisasi Membran
- Pelapisan Seng dengan Metode Elektroplating
- Logam Seng (Zn)
- Spektroskopi Serapan Atom (SSA)



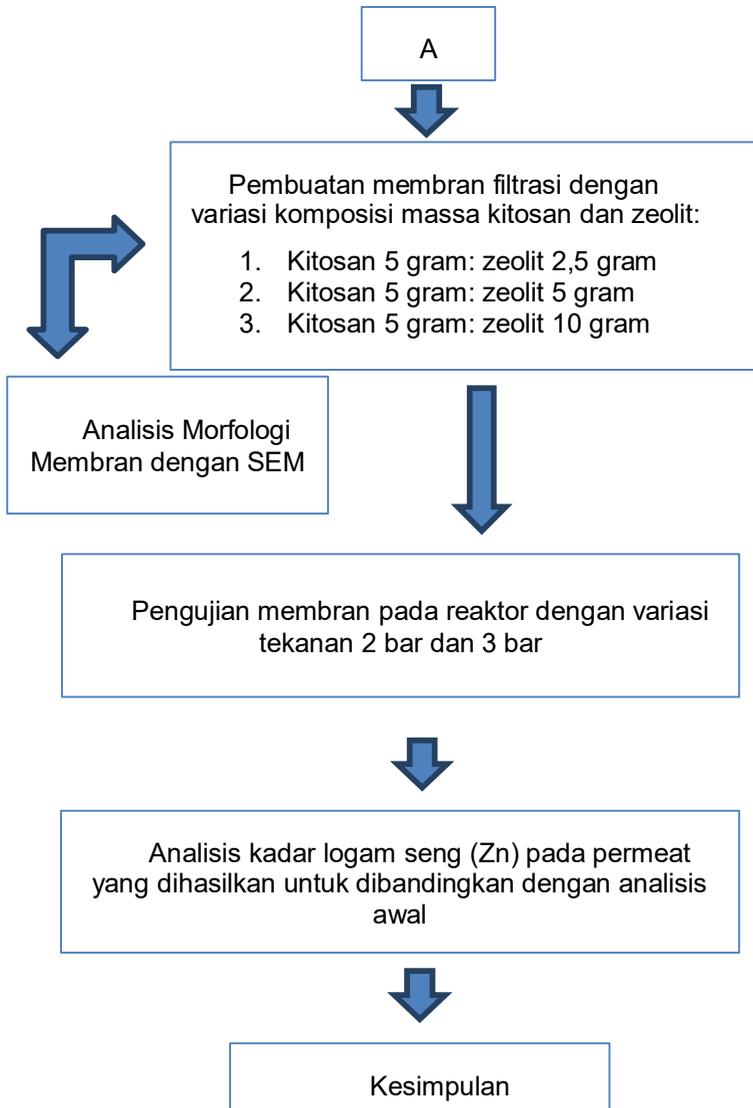
Pengambilan sampel limbah cair elektroplating untuk analisis karakteristik awal limbah elektroplating



Pelaksanaan sintesis kitosan dan zeolit sebagai bahan dasar membran filtrasi



A



Gambar 3.1 Kerangka Penelitian Tugas Akhir

3.4 Studi Literatur

Studi literatur dilakukan dengan mencari bahan-bahan yang berhubungan dan terkait untuk mendukung penelitian dari awal hingga penyusunan laporan. Studi literatur juga berguna untuk mendapatkan arahan dan pedoman dalam pelaksanaan penelitian, serta memperkuat hasil penelitian lapangan. Sumber-sumber yang digunakan meliputi textbook, jurnal/artikel ilmiah, laporan penelitian, tugas akhir dan karya terdahulu yang berhubungan dengan penelitian terdahulu.

3.5 Pengambilan dan Pengawetan Sampel

Limbah elektroplating yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari industri elektroplating di daerah Waru, Sidoarjo. Pengambilan sampel limbah dilakukan dengan memasukkan limbah electroplating ke dalam drum dengan jumlah volume 30 Liter. Pengawetan limbah dilakukan dengan menambahkan asam nitrat pekat (HNO_3) sambil diaduk pada air limbah sampai pH kurang dari 2. Setelah itu air limbah dimasukkan jerigen dengan volume 5 Liter agar mudah dalam penyimpanan kemudian dimasukkan lemari pendingin pada suhu 4°C sampai digunakan untuk pengujian reaktor.

3.6 Penelitian Pendahuluan

3.6.1 Analisis Kualitas Awal Air Limbah Elektroplating

Analisis kualitas air limbah awal bertujuan untuk mengetahui karakteristik limbah awal sebelum percobaan. Parameter yang dianalisis adalah TSS, Sianida Total (CN) tersisa, Krom Total (Cr), Krom Heksavalen (Cr^{6+}), Tembaga (Cu), Seng (Zn), Nikel (Ni), Kadmium (Cd), Timbal (Pb) dan pH.

3.6.2 Pembuatan Membran

3.6.2.1 Alat dan Bahan

Bahan-bahan yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah serbuk kitosan, serbuk zeolit, asam asetat 1% (v/v), NH_4Cl , Polyvinyl Alcohol (BM=60.000), dan Polyethylene Glikol (PEG).

Alat-alat yang digunakan adalah pengaduk magnetik, pH meter, neraca analitik, pemanas listrik, oven, gelas beaker, gelas ukur, spatula dan cawan petri.

3.6.3 Tahap Preparasi Material Zeolit

Prosedur penyiapan material membran yang pertama adalah zeolit. Zeolit ditumbuk sampai halus menggunakan ball mill dan diayak sampai ukuran ≤ 200 mesh. Setelah itu mencuci zeolit dengan HCl 1N selama 24 jam. Setelah direndam selama 24 jam, zeolit dicuci menggunakan aquadest. Selanjutnya zeolit yang telah dicuci dimasukkan ke dalam oven selama 24 jam. Setelah zeolit kering zeolit ditumbuk dengan mortal porselen sehingga didapatkan serbuk zeolit.

3.6.4 Tahap Pembuatan Larutan Membran

Langkah pertama dalam tahap pembuatan larutan membran yaitu menimbang serbuk zeolit dan serbuk kitosan. Serbuk zeolit dimasukkan kedalam gelas beaker dan ditambahkan 25 ml NH_4Cl . Campuran tersebut kemudian diaduk menggunakan pengaduk magnetik selama 15 menit. Pembuatan larutan kitosan dilakukan dengan melarutkan serbuk kitosan ke dalam 100 mL asam asetat 1% (v/v), kemudian diaduk selama 1 jam dengan pengaduk magnetik hingga terbentuk larutan kental jernih coklat kekuningan. Selanjutnya, larutan zeolit dan kitosan.

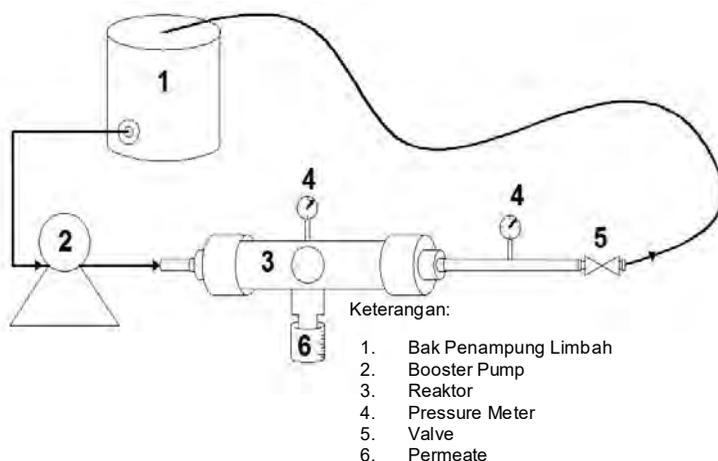
3.6.5 Tahap Pencetakan Membran

Zeolit dan kitosan yang telah distirer kemudian ditambahkan PVA dan PEG. Pembuatan larutan *Polyvinyl Alcohol* dilakukan dengan memanaskan 150 ml aquades hingga mendidih, kemudian memasukkan kristal Polyvinyl Alcohol sebanyak 25 gram sedikit demi sedikit ke dalam aquades yang mendidih, diaduk selama 3 jam dengan pengaduk kaca di atas pemanas hingga terbentuk larutan kental bening. Hal ini dilakukan agar PVA tidak menggumpal pada saat ditambahkan ke dalam larutan zeolit dan kitosan karena PVA tidak bisa larut dalam air pada suhu kamar. Penambahan PVA dan PEG adalah sebanyak 50 ml PVA dan 25 ml PEG. Larutan dipanaskan dan diaduk sampai semua bahan tercampur dengan halus dan mengental. Larutan yang telah homogen selanjutnya dituangkan ke dalam cetakan (cawan petri)

dan dikeringkan pada suhu 80°C selama 24 jam hingga diperoleh film membran kering.

3.7 Pengujian Membran pada Reaktor

Reaktor yang digunakan untuk pengujian kinerja membran adalah reaktor aliran *crossflow*. Membran berbentuk lingkaran dengan diameter ± 4 cm. Membran diletakkan di dalam reaktor pada tempat peletakan membran dan dipastikan dalam keadaan tertutup rapat agar tidak terjadi kebocoran. Air limbah ditampung pada bak berukuran 30 Liter yang selanjutnya akan dipompa menuju reaktor membran dengan bantuan Booster Pump. Selanjutnya dilakukan pengaplikasian air PDAM pada membran selama 15 menit, agar pori-pori membran dapat bekerja lebih efektif. Larutan umpan limbah dialirkan ke dalam alat, valve ditutup rapat hingga reaktor terisi penuh dan kemudian kedalamnya dialirkan tekanan. Gambar 3.1 dibawah ini menunjukkan sketsa aliran reaktor *crossflow* yang digunakan.



Gambar 3.2 Sketsa Reaktor *Cross-Flow*

Reaktor *crossflow* terdiri atas manometer, valve, water mur dan selang. Manometer berfungsi untuk menunjukkan tekanan di

dalam reaktor. Valve digunakan untuk membuka dan menutup aliran yang dimaksudkan untuk mengatur tekanan dalam reaktor. Selang digunakan untuk mengalirkan air menuju dari bak penampung awal. Pada awal pengoperasian, valve dibuka dan ditutup secara perlahan untuk mengatur tekanan hingga mencapai tekanan yang diinginkan. Setelah mencapai tekanan yang diinginkan, air limbah yang melewati membran yaitu permeate ditampung pada wadah untuk selanjutnya dianalisis kadar logam seng (Zn), sedangkan aliran yang mengalir keluar melewati valve sebagai retentate. Pada penelitian ini pengujian membran dilakukan selama 80 menit yaitu setiap 8 menit akan diambil permeate yang dihasilkan. Membran yang diuji dalam reaktor *crossflow* divariasikan sebagai berikut:

Tabel 3.1 Variasi Membran

Perbandingan Massa Kitosan dan Zeolit			Tekanan Membran
Kitosan (gram)	:	Zeolit (gram)	
5	:	2,5	2 bar
			3 bar
5	:	5	2 bar
			3 bar
5	:	10	2 bar
			3 bar

3.8 Analisis Morfologi

Pengujian morfologi dengan metode SEM dilakukan dengan cara mengeringkan membran yang akan diujikan. Analisis morfologi dilakukan sebanyak dua kali yaitu membran yang memiliki kinerja terbaik pada saat sebelum dan setelah digunakan untuk filtrasi di Laboratorium Energi ITS.

3.9 Analisis Permeat

Permeat yang dihasilkan dalam proses filtrasi menggunakan membran kitosan dan zeolit dianalisis menggunakan metode AAS (Atomic Absorption Spectrophotometri) atau Spektrofotometri Serapan Atom di Laboratorium Balai Riset dan Standardisasi Industri Surabaya (prosedur analisis AAS dapat dilihat pada Lampiran A).

3.10 Hasil dan Pembahasan

Data-data yang didapatkan dari penelitian ini disajikan dalam bentuk tabel dan grafik. Untuk pembahasannya, dilakukan dengan membandingkan hasil permeat terhadap parameter-parameter yang sudah ditentukan sesuai dengan masing-masing variabel yang diuji dalam reaktor *crossflow*.

Data-data yang diperoleh pada penelitian ini adalah:

1. Proses pengujian reaktor *crossflow*

Dari proses pengujian reaktor didapatkan data waktu operasi dan volume permeat yang dapat diolah dengan rumus nilai fluks untuk mengetahui kecepatan air limbah dalam menembus membran. Perhitungan nilai fluks dilakukan dengan menggunakan Persamaan 2.1.

Sehingga diperoleh nilai fluks dan volume pada masing-masing variasi tekanan setiap jenis massa membran. Oleh karena itu, dari pengujian reaktor didapatkan permeat terbaik sehingga didapatkan massa kitosan dan zeolit yang paling efektif untuk pengolahan limbah elektroplating.

2. Analisis kadar logam seng (Zn)

Pada analisis awal yaitu analisis kadar logam seng akan didapatkan nilai konsentrasi dari parameter tersebut yang nantinya akan dibandingkan dengan nilai konsentrasi dari parameter yang dihasilkan oleh permeat. Sehingga didapatkan data koefisien rejeksi yang dihitung menggunakan Persamaan 2.2.

Setelah diketahui nilai koefisien rejeksi, massa membran dan waktu operasi (pengujian dengan reaktor) maka data tersebut dimasukkan pada tabel, sehingga dapat diplotkan ke dalam grafik koefisien rejeksi (R) tiap-tiap parameter pada setiap variasi tekanan dengan massa kitosan dan zeolit pada membran yang diuji. Sehingga dapat diketahui pengaruh massa kitosan dan zeolit terhadap koefisien rejeksi dan variasi tekanan untuk masing-masing parameter.

3. Uji morfologi membran dengan SEM EDX

Analisis morfologi membran dilakukan dengan tujuan untuk melihat permukaan membran substruktur pori membran serta elemen lain yang termasuk morfologi membran dengan menggunakan alat SEM EDX.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Karakteristik Awal Limbah Elektroplating

Limbah elektroplating yang digunakan diambil dari Industri Elektroplating yang berada di daerah Waru, Sidoarjo. Pengambilan sampel dilakukan dengan menggunakan jerigen 30 liter. Hasil karakteristik limbah elektroplating dapat dilihat pada Tabel 4.1 berikut.

Tabel 4.1 Karakteristik Awal Limbah Elektroplating

No.	Parameter Uji	Satuan	Hasil Uji	Persyaratan Mutu Baku Mutu Limbah Cair PERGUB JATIM No. 52/2014 Lamp 2 (Kadar Maksimum)
1	TSS	mg / L	140	20
2	CN Tersisa	mg / L	0,004	0,2
3	Cr ⁶⁺	mg / L	7,39	0,1
4	Cr Total	mg / L	7,9	0,5
5	Cu	mg / L	0,461	0,6
6	Zn	mg / L	5	1
7	Ni	mg / L	7.01	1
8	Cd	mg / L	<0,0078	0,05
9	Pb	mg / L	<0,0764	0,1
10	pH	-	6,2	6-9

4.2 Aktivasi Zeolit

Pembuatan membran diawali dengan menggayak pasir zeolit hingga berukuran <200 mesh dengan menggunakan saringan. Pasir zeolit mempunyai bentuk fisik berwarna abu-abu yang

ditunjukkan pada Gambar 4.1. Semakin kecil ukuran butir akan memperbesar luas permukaan butir, sehingga kesempatan kontak antara larutan dengan zeolit semakin efektif (Suyitno, 1997).



Gambar 4.1 Zeolit Hasil Ayakan

Pasir zeolit yang berukuran <200 mesh selanjutnya dicuci menggunakan larutan HCl yang ditunjukkan pada Gambar 4.2. Aktivasi asam pada zeolit menyebabkan terjadinya dekationisasi yang menyebabkan bertambahnya luas permukaan zeolit karena berkurangnya pengotor yang menutupi pori-pori zeolit. Pengaktifan merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi kemampuan zeolit alam dalam menyerap logam berat. Luas permukaan yang bertambah diharapkan meningkatkan kemampuan zeolit dalam proses penyerapan (Weitkamp, 1999).



Gambar 4.2 Pencucian Zeolit

Zeolit direndam larutan HCl selama 24 jam yang bertujuan untuk membersihkan permukaan pori, membuang senyawa pengganggu dan menata kembali letak atom yang dipertukarkan (Suyartono dan Husaini, 1991). Kemudian zeolit yang bersifat asam dicuci dengan aquades sampai bebas asam (pH netral) untuk menghilangkan kandungan HCl yang masih tersisa.

Zeolit yang telah dicuci dengan aquadest dikeringkan menggunakan oven pada suhu 90°C untuk menghilangkan kadar air. Selain itu pemanasan ini bertujuan untuk menguapkan air yang terperangkap dalam pori-pori kristal zeolit sehingga jumlah pori dan luas permukaan spesifiknya bertambah (Agus dkk, 2010). Zeolit yang telah kering dihancurkan dengan penggerus mortar dan ditimbang sesuai variasi yang digunakan yaitu 2,5 gram, 5 gram dan 10 gram.

4.3 Pembuatan Membran

Bahan yang digunakan dalam proses pembuatan membran adalah serbuk kitosan dan serbuk zeolit. Langkah pertaman adalah zeolit yang sudah ditimbang sesuai variasi ditambahkan 100 ml NH_4Cl . Penambahan NH_4Cl bertujuan untuk mencegah tumbuhnya mikroba (Febriyana, 2014). Campuran tersebut kemudian diaduk dengan menggunakan magnetic stirrer selama 15 menit dan di sonikasi menggunakan frekuensi 10 kHz. Pengadukan ini bertujuan untuk menghomogenkan larutan sehingga dapat tercampur dengan sempurna. Penggunaan gelombang ultrasonik (sonikasi) dalam pembentukan materi berukuran nano sangatlah efektif. Semakin lama proses sonikasi ini akan menyamaratakan energi yang diterima partikel di seluruh bagian sisi larutan, sehingga ukuran partikel semakin homogen (Hapsari, 2009).

Langkah berikutnya adalah pembuatan larutan kitosan. Pembuatan larutan kitosan dilakukan dengan melarutkan serbuk kitosan ke dalam 100 mL asam asetat 1%, kemudian diaduk selama 1 jam dengan pengaduk magnetik hingga terbentuk larutan kental jernih coklat kekuningan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.3. Kitosan lebih mudah dilarutkan dalam asam-asam

encer seperti asam asetat, asam format dan asam sitrat (Meriatna, 2008).



Gambar 4.3 Larutan Kitosan

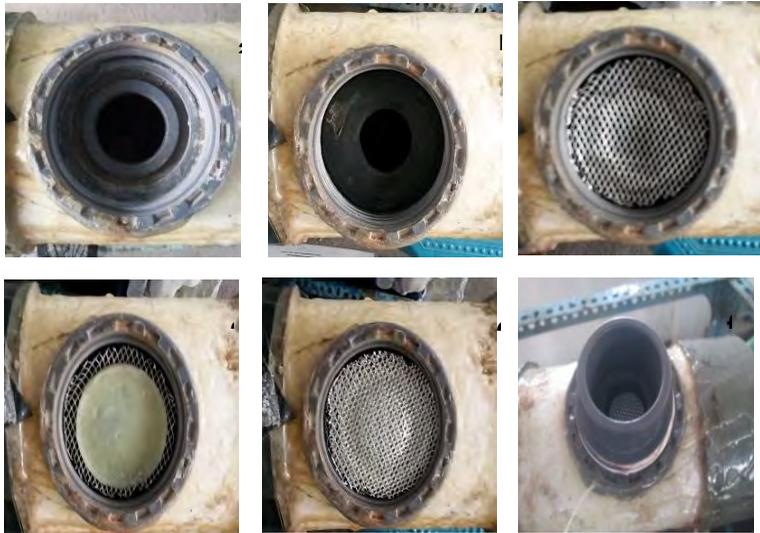
Tahap selanjutnya adalah mencampurkan larutan zeolit dan kitosan yang telah diaduk dengan PVA (*Poly Vinil Alcohol*) dan PEG (*Poly Ethylen Glicol*). PVA berbentuk kristal berwarna putih dan susah larut sedangkan PEG berupa cairan kental bening. Penambahan PVA berfungsi sebagai penguat pada struktur membran (Farha *et al.*, 2012). Akan tetapi penambahan PVA berlebih akan menghasilkan membran yang kuat tetapi tidak memiliki pori karena permukaan membran terlapisi oleh larutan PVA. Sedangkan penambahan PEG berfungsi sebagai porogen atau zat pembentuk pori pada membran (Santoso *et al.*, 2007). Setiap pembuatan membran zeolit dan kitosan ditambahkan 50 mL PVA dan 20 mL PEG. Campuran zeolit, kitosan, PVA dan PEG dipanaskan dengan pengadukan menggunakan kompor listrik sampai campuran mengental (prosedur pembuatan membran secara rinci dapat dilihat pada Lampiran B). Larutan yang telah mengental kemudian dicetak pada cawan petri berdiameter 4 cm dan dioven pada suhu 80°C selama 24 jam hingga diperoleh film membran kering. Pencetakan membran dapat dilihat pada Gambar 4.4.



Gambar 4.4 Pencetakan Membran

4.4 Pengujian Membran

Pengujian membran dilakukan dengan menggunakan reaktor *crossflow* untuk mengetahui jumlah parameter yang lolos dan tertahan pada membran. Pengujian membran pada reaktor *crossflow* dilakukan selama 80 menit dengan waktu pengambilan permeate setiap 8 menit. Membran yang digunakan mempunyai diameter 4 cm. Untuk mencegah kebocoran, penempatan membran dilengkapi dengan penggunaan kasa dan karet (Wahyuni. 2015). Penempatan membran ditunjukkan pada Gambar 4.5



Gambar 4.5 Peletakan membran pada reaktor *crossflow*

(a), karet penutup (b),kasa besi I (c), membran 5:5 (d), kasa besi II (e), water mur (f)

Aliran *crossflow* dipilih untuk mencegah fouling dini pada permukaan membran sehingga dapat meningkatkan umur pemakaian membran. Reaktor *crossflow* yang ditunjukkan oleh gambar 4.6 dirangkai dengan satu pompa booster, bak penampung air limbah dan manometer untuk menunjukkan tekanan yang digunakan. Membran dipasang ke dalam reaktor dan disangga menggunakan kasa-karet dan ditutup rapat dengan water mur agar tidak bocor. Air limbah ditampung pada bak ukuran 30 Liter yang selanjutnya akan dipompa menuju reaktor membran dengan bantuan *Booster Pump*.



Gambar 4.6 Reaktor *Cross-flow*

Langkah selanjutnya adalah menjalankan reaktor sehingga mencapai tekanan 2 bar dan 3 bar. Tekanan yang sedang beroperasi dapat dilihat pada manometer yang telah dipasang sebelumnya. Permeat yang dihasilkan pada saat pengoperasian reaktor ditampung dalam wadah plastik. Wadah plastik tersebut di tempatkan pada mulut reaktor dekat keluaranya permeat. Reaktor sedikit dimiringkan agar permeat yang keluar terpusat pada wadah dan tidak tumpah. Kemudian, permeat yang ada di wadah plastik dimasukkan ke dalam botol kaca untuk selanjutnya dianalisis.

Air limbah yang tidak melewati membran yang disebut dengan retentate akan dialirkan kembali ke dalam bak penampungan limbah oleh by pass. Manometer dipasang untuk menunjukkan tekanan dalam reaktor crossflow. By pass juga digunakan untuk membuka dan menutup aliran dan mengatur tekanan dalam reaktor. Membran yang telah digunakan untuk filtrasi limbah terjadi perubahan warna menjadi kekuningan karena pada bagian tengah permukaan membran terdapat sisa padatan dan material yang tersaring dari limbah elektroplating yang ditunjukkan pada Gambar 4.7.



Gambar 4.7 Membran Sebelum Filtrasi (a), Sesudah Filtrasi (b)

4.5 Pengaruh Komposisi Membran dan Tekanan Terhadap Nilai Rejeksi Logam Seng (Zn)

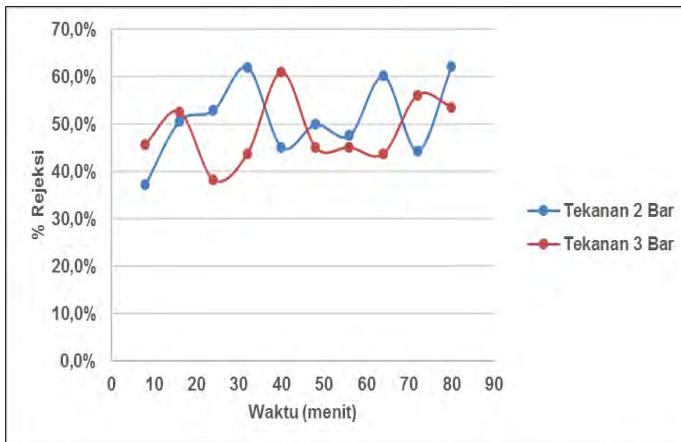
Permeat yang dihasilkan dari pengujian membran dalam reaktor aliran *crossflow* kemudian di analisis dengan menggunakan metode Spektrofotometri Serapan Atom (SSA) untuk parameter logam seng (Zn^{2+}). Contoh perhitungan nilai rejeksi dapat dilihat pada Lampiran C. Berikut adalah data-data yang dihasilkan dari setiap variasi komposisi membran dan tekanan:

- a. Nilai rejeksi untuk komposisi membran 5:2,5 terdapat pada Tabel 4.2
Konsentrasi awal logam seng (Zn^{2+}) adalah 3,06 mg/L

Tabel 4.2 Nilai Rejeksi Komposisi Membran 5:2,5

Komposisi Membran CS : Ze	Waktu (menit)	Variasi Tekanan	Kadar Logam Seng (mg/l)	Nilai Rejeksi (%)
5:2,5	8	2 bar	1,920	37,3%
	16		1,510	50,7%
	24		1,440	52,9%
	32		1,162	62,0%
	40		1,677	45,2%
	48		1,531	50,0%

Komposisi Membran CS : Ze	Waktu (menit)	Variasi Tekanan	Kadar Logam Seng (mg/l)	Nilai Rejeksi (%)
	56		1,602	47,6%
	64		1,219	60,2%
	72		1,700	44,4%
	80		1,157	62,2%
	8	3 bar	1,658	45,8%
	16		1,448	52,7%
	24		1,890	38,2%
	32		1,720	43,8%
	40		1,190	61,1%
	48		1,680	45,1%
	56		1,680	45,1%
	64		1,720	43,8%
	72		1,340	56,2%
	80		1,418	53,7%



Gambar 4.8 Rejeksi Logam Seng Komposisi Membran 5:2,5

Berdasarkan Tabel 4.2 dan Gambar 4.8 didapatkan nilai rejeksi membran komposisi 5:2,5 tekanan 2 bar dengan nilai terkecil adalah 37,3% dan nilai tertinggi adalah 62,2%. Untuk nilai rejeksi membran komposisi 5:2,5 tekanan 3 bar nilai terkecil adalah 38,2% dan nilai tertinggi 61,1%. Berikut adalah grafik rejeksi logam seng (Zn) pada komposisi membran 5:2,5 yang ditunjukkan pada Gambar 4.8.

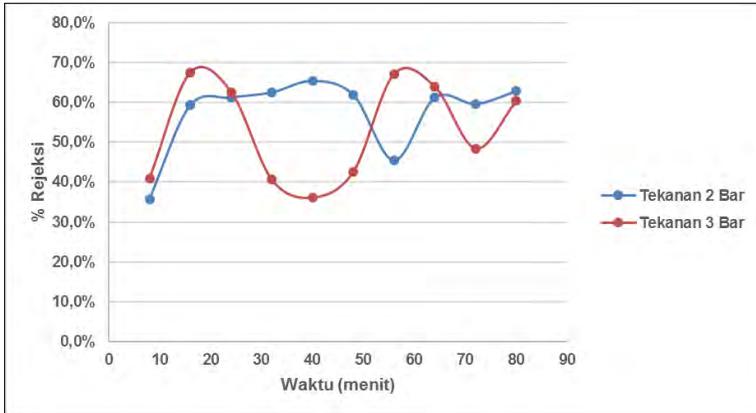
- b. Nilai rejeksi untuk komposisi membran 5:5 terdapat pada Tabel 4.3

Konsentrasi awal logam seng (Zn^{2+}) adalah 3,10 mg/L

Tabel 4.3 Nilai Rejeksi Komposisi Membran 5:5

Komposisi Membran CS : Ze	Waktu (menit)	Variasi Tekanan	Kadar Logam Seng (mg/l)	Nilai Rejeksi (%)
5:5	8	2 bar	1,990	35,8%
	16		1,260	59,4%
	24		1,200	61,3%
	32		1,160	62,6%
	40		1,070	65,5%
	48		1,180	61,9%
	56		1,690	45,5%
	64		1,200	61,3%
	72		1,250	59,7%
	80	1,150	62,9%	
	8	3 bar	1,830	41,0%
	16		1,010	67,4%
	24		1,160	62,6%
	32		1,840	40,6%
	40		1,980	36,1%
	48		1,780	42,6%
	56		1,020	67,1%
	64		1,120	63,9%
72	1,600		48,4%	
80	1,230	60,3%		

Berdasarkan Tabel 4.3 didapatkan nilai rejeksi membran komposisi 5:5 tekanan 2 bar dengan nilai terkecil adalah 35,8% dan nilai tertinggi adalah 65,5%. Untuk nilai rejeksi membran komposisi 5:5 tekanan 3 bar nilai terkecil adalah 36,1% dan nilai tertinggi 67,4%. Berikut adalah grafik rejeksi logam seng (Zn) pada komposisi membran 5:5.



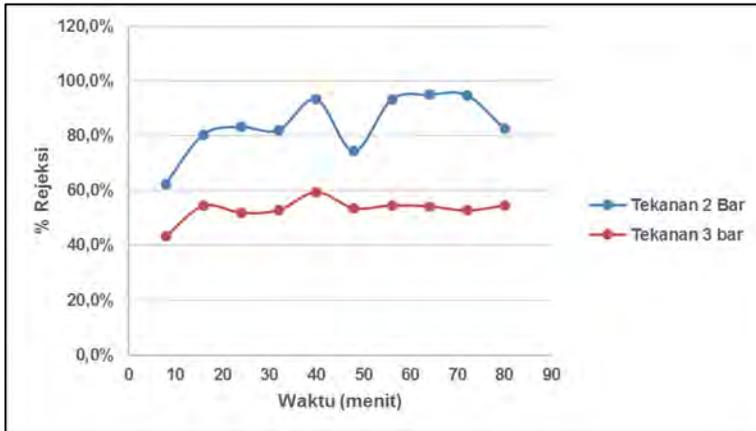
Gambar 4.9 Rejeksi Logam Seng Komposisi Membran 5:5

- c. Nilai rejeksi untuk komposisi membran 5:10 terdapat pada Tabel 4.4
 Konsentrasi awal logam seng (Zn^{2+}) adalah 3,12 mg/L

Tabel 4.4 Nilai Rejeksi Komposisi Membran 5:10

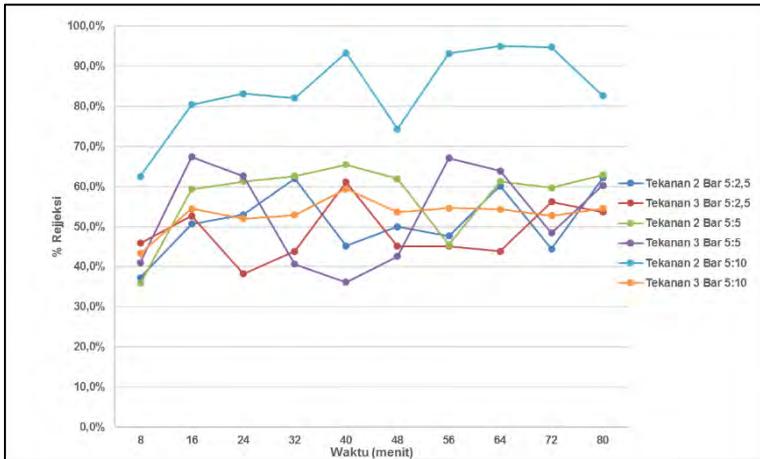
Komposisi Membran CS : Ze	Waktu (menit)	Variasi Tekanan	Kadar Logam Seng (mg/l)	Nilai Rejeksi (%)
5:10	8	2 bar	1,170	62,5%
	16		0,611	80,4%
	24		0,524	83,2%
	32		0,560	82,1%
	40		0,207	93,4%
	48		0,799	74,4%
	56		0,212	93,2%

Komposisi Membran CS : Ze	Waktu (menit)	Variasi Tekanan	Kadar Logam Seng (mg/l)	Nilai Rejeksi (%)
	64		0,156	95,0%
	72		0,162	94,8%
	80		0,541	82,7%
	8	3 bar	1,770	43,3%
	16		1,422	54,4%
	24		1,499	52,0%
	32		1,471	52,9%
	40		1,266	59,4%
	48		1,447	53,6%
	56		1,417	54,6%
	64		1,426	54,3%
	72		1,474	52,8%
	80		1,418	54,6%



Gambar 4.10 Rejeksi Logam Seng Komposisi Membran 5:10

Berdasarkan Tabel 4.4 dan Gambar 4.10 didapatkan nilai rejeksi membran komposisi 5:10 tekanan 2 bar dengan nilai terkecil adalah 62,5% dan nilai tertinggi adalah 95,0%. Untuk nilai rejeksi membran komposisi 5:10 tekanan 3 bar nilai terkecil adalah 43,3% dan nilai tertinggi 59,4%. Berikut adalah grafik rejeksi logam seng (Zn) pada komposisi membran 5:10.



Gambar 4.11 Rejeksi Kadar Logam Seng (Zn)

Pada Gambar 4.11 dapat dilihat bahwa jenis membran dan variasi tekanan mempengaruhi tingkat rejeksi kadar logam seng. Komposisi membran 5:10 pada tekanan 2 bar mempunyai nilai rejeksi yang tertinggi yaitu sebesar 95,0%. Nilai rejeksi terkecil terjadi pada komposisi membrane 5:5 pada tekanan 2 bar yaitu sebesar 35,8%. Hasil tersebut sesuai dengan penelitian sebelumnya yang dilakukan Lau (2013) bahwa semakin besar pori maka tingkat rejeksi akan semakin kecil. Hal ini terjadi karena prinsip penyisihan dalam membran yaitu pemisahan dengan mekanisme pengayakan (sieving mechanism) yang berarti bahwa partikel dalam umpan yang memiliki ukuran lebih kecil dari pori membran akan lolos, sedangkan partikel yang lebih besar dari pori membran akan tertahan. Untuk itu, pori yang besar akan menyebabkan partikel yang lolos semakin banyak (Destianti, 2014).

Dari Gambar 4.10 juga dapat dilihat bahwa semakin tinggi tekanan operasi, maka rejeksinya akan semakin rendah. Hal ini dapat dilihat pada komposisi membran 5:10 dengan tekanan 2 bar mempunyai nilai rejeksi yang lebih besar yaitu 95% daripada komposisi membrane dengan tekanan 3 bar yaitu 59,4%. Tekanan tinggi akan membuat umpan yang mengalir mampu untuk menyapu partikel yang terakumulasi pada permukaan membran sehingga nantinya penumpukan partikel di sekitar permukaan membran akan berkurang. Tekanan tinggi juga akan memaksa partikel besar tersebut untuk melewati membran. Kedua hal tersebut yang menjadi penyebab partikel yang tadinya tidak dapat melewati membran menjadi mampu melewati membran dan jumlahnya meningkat di dalam permeat (Destianti, 2014).

Namun terlihat fenomena lain pada tekanan 2 bar ke 3 bar untuk membran 5:5 dimana rejeksinya meningkat seiring bertambahnya tekanan yang ditunjukkan pada Gambar 4.9. Hal tersebut dapat dijelaskan oleh Widyasmara (2013) dengan semakin tingginya tekanan dapat juga menyebabkan lebih cepat terjadinya fouling dan memperkecil pori membran sehingga tingkat rejeksinya semakin besar.

Dalam penelitian ini diketahui bahwa banyaknya kandungan zeolit dalam membran mempengaruhi penyerapan logam Zn. Susanawati (2011) mengemukakan bahwa limbah cair yang di adsorpsi dengan media zeolit tak teraktivasi menggunakan metode batch mengalami penurunan kandungan logam berat Kromium (Cr) dan Timbal (Pb) relatif tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa jumlah komposisi zeolit aktif berbanding lurus dengan efisiensi penurunan kadar parameter uji, dengan kata lain semakin banyak komposisi zeolit dalam variasi campuran, maka kemampuan menurunkan kadar parameter uji semakin besar. Hal ini disebabkan oleh sifat zeolit sebagai penukar ion karena adanya kation logam, yang mana kation tersebut bergerak secara bebas dalam struktur zeolit yang berongga dan dapat bertukar dengan kation ion logam lain dalam jumlah yang sama (Nugroho, *et al.*, 2013).

Dari hasil penelitian, dapat dibandingkan nilai rejeksi membran kitosan dan zeolit dengan jenis membran yang lain. Perbandingan

nilai rejeksi berdasarkan jenis membran ditunjukkan oleh Tabel 2.8. Nilai rejeksi terbaik pada penelitian ini adalah 95% dengan komposisi membran 5:10. Hal ini menunjukkan bahwa kitosan dan zeolit dapat digunakan sebagai salah satu bahan dalam penyerapan logam berat yaitu seng (Zn^{2+}). Situs aktif kitosan ini baik dalam bentuk NH_2 ataupun dalam keadaan terprotonasi NH_3^+ mampu mengadsorpsi logam-logam berat melalui mekanisme pembentukan khelat dan atau penukar ion (Wiyarsi,2009). Sedangkan proses pemisahan dengan membran zeolit berdasarkan dua prinsip yaitu pemisahan berdasarkan ukuran pori dan adsorpsi atau penyerapan ke dalam kerangka zeolit ataupun efek difusi (Caro *et al.*, 2000). Berdasarkan hasil penelitian Aritonang (2009), kitosan nanopartikel yang ditambahkan zeolit akan menambah luas permukaan nanokitosan dimana proses yang pertama terjadi adalah pengkhelatan ion Cu^{2+} dengan kitosan nanopartikel tetapi masih sedikit yang menempel pada permukaan kitosan nanopartikel kemudian proses selanjutnya karena zeolit mempunyai ukuran pori-pori tertentu dan kation yang dapat dipertukarkan seperti K^+ , Na^+ , Ca^{2+} , dan Mg^{2+} dengan ion-ion logam lain maka kation-kation tersebut dapat ditukar dengan ion Cu^{2+} sehingga penyerapannya yang terjadi semakin baik. Sehingga dengan bertambahnya massa zeolit dalam komposisi membran 5:10 maka menambah luas permukaan dalam menyerap logam berat Zn^{2+} .

4.6 Pengaruh Komposisi Membran dan Tekanan Terhadap Nilai Fluks

Fluks membran merupakan salah satu faktor utama dalam performa membran. Fluks menjadi parameter penting dalam penentuan kinerja membran, berperan penting dalam menentukan biaya maintenance dan operasional secara keseluruhan. Menurut Mulder (1996), fluks merupakan jumlah volume permeate yang melewati satu satuan permukaan luas membran dengan waktu tertentu dengan adanya gaya dorong dalam hal ini berupa tekanan. Perhitungan nilai fluks dapat dilihat pada Lampiran D.

Diameter membran yang dikenai air limbah pada saat pengoperasian reaktor adalah 4 cm. Sehingga luas yang digunakan dalam perhitungan nilai fluks adalah $0,00126 \text{ m}^2$.

Berikut adalah hasil perhitungan nilai fluks untuk masing-masing variasi:

- a. Nilai fluks untuk komposisi 5:2,5 terdapat pada Tabel 4.2

Tabel 4.5 Nilai Fluks Komposisi 5:2,5

Komposisi Membran CS : Ze	Waktu (menit)	Variasi Tekanan	Vol permeate (ml)	Nilai Fluks (L/m ² .jam)	Nilai Fluks (L/m ² .jam.bar)
5:2,5	8	2 bar	5,5	32,84	16,42
	16		1,4	4,18	2,09
	24		1,1	2,19	1,09
	32		1	1,49	0,75
	40		1,2	1,43	0,72
	48		1,7	1,69	0,85
	56		1,6	1,36	0,68
	64		1,6	1,19	0,60
	72		1,4	0,93	0,46
	80		1,4	0,84	0,42
	8	3 bar	16	95,54	31,85
	16		10	29,86	9,95
	24		13,14	26,15	8,72
	32		5,7	8,51	2,84
	40		5,7	6,81	2,27
	48		1,8	1,79	0,60
	56		4,2	3,58	1,19
	64		7,1	5,30	1,77
	72		6,2	4,11	1,37
	80		2	1,19	0,40

b. Nilai fluks untuk komposisi 5:5 terdapat pada Tabel 4.3

Tabel 4.6 Nilai Fluks Komposisi 5:5

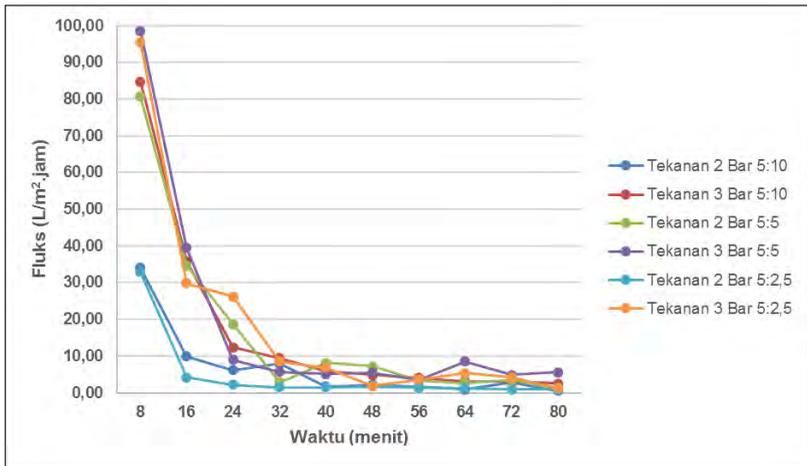
Komposisi Membran CS : Ze	Waktu (menit)	Variasi Tekanan	Volume permeate (ml)	Nilai Fluks (L/m ² .jam)	Nilai Fluks (L/m ² .jam.bar)
5 : 5	8	2 bar	13,5	80,61	40,31
	16		11,6	34,63	17,32
	24		9,4	18,71	9,36
	32		1,9	2,84	1,42
	40		6,8	8,12	4,06
	48		7,2	7,17	3,58
	56		3,9	3,33	1,66
	64		3,5	2,61	1,31
	72		5,2	3,45	1,73
	80		2,1	1,25	0,63
	8	3 bar	16,5	98,53	32,84
	16		13,2	39,41	13,14
	24		4,5	8,96	2,99
	32		3,8	5,67	1,89
	40		4,3	5,14	1,71
	48		5,5	5,47	1,82
	56		4	3,41	1,14
	64		11,3	8,43	2,81
72	7,4	4,91	1,64		
80	9,4	5,61	1,87		

c. Nilai fluks untuk komposisi 5:10 terdapat pada Tabel 4.4

Tabel 4.7 Nilai Fluks Komposisi 5:10

Komposisi Membran CS : Ze	Waktu (menit)	Variasi Tekanan	Volume permeate (ml)	Nilai Fluks (L/m ² .jam)	Nilai Fluks (L/m ² .jam.bar)
5 : 10	8	2 bar	5,7	34,04	17,02
	16		3,3	9,85	4,93
	24		3,1	6,17	3,09
	32		5,3	7,91	3,96
	40		1,4	1,67	0,84
	48		2,2	2,19	1,09
	56		1,8	1,54	0,77
	64		1,1	0,82	0,41
	72		4,3	2,85	1,43
	80		0,9	0,54	0,27
	8	3 bar	14,2	84,79	28,26
	16		12	35,83	11,94
	24		6,2	12,34	4,11
	32		6,3	9,40	3,13
	40		5	5,97	1,99
	48		4,9	4,88	1,63
	56		4,8	4,09	1,36
	64		4,1	3,06	1,02
	72		4,5	2,99	1,00
	80		4,3	2,57	0,86

Grafik pengaruh komposisi membran terhadap nilai fluks ditunjukkan pada Gambar 4.12.



Gambar 4.12 Perubahan nilai fluks terhadap variasi komposisi membran

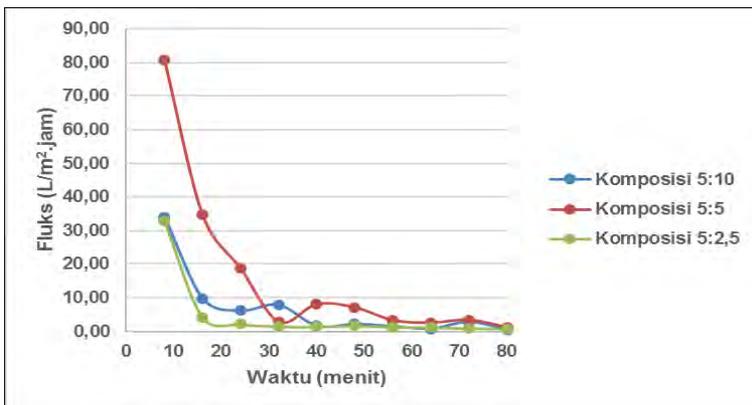
Berdasarkan Tabel 4.5 sampai Tabel 4.7 dan Gambar 4.12 nilai fluks pada berbagai jenis variasi membran menunjukkan terjadinya penurunan. Nilai fluks paling banyak terjadi pada menit ke 8 dan terus menurun hingga menit ke 80. Pada komposisi massa 5:2,5 didapatkan nilai fluks tertinggi sebesar 95,54 L/m².jam pada tekanan 3 bar. Pada komposisi membran 5:5 didapatkan nilai fluks sebesar 98,53 L/m².jam pada tekanan 3 bar. Nilai fluks yang dihasilkan lebih besar dari fluks pada komposisi 5:2,5. Hal ini dapat diakibatkan karena pada komposisi membran 5:5 peningkatan konsentrasi zeolit pada komposisi membran mencapai komposisi terbaik dengan zeolit yang berfungsi sebagai bahan penguat dari kitosan. Dalam komposisi membran 5:10 didapatkan nilai tertinggi untuk fluks 84,79 L/m².jam pada tekanan 3 bar. Akan tetapi nilai fluks ini lebih kecil dibandingkan dengan membran 5:2,5 dan 5:5.

Hal ini disebabkan konsentrasi polimer pembentuk membran juga sangat mempengaruhi karakter membran yang terbentuk, semakin tinggi konsentrasi polimer pembentuk membran maka membran yang dihasilkan semakin padat sehingga fluks yang dihasilkan juga semakin kecil (Mulder, 1996). Selain itu,

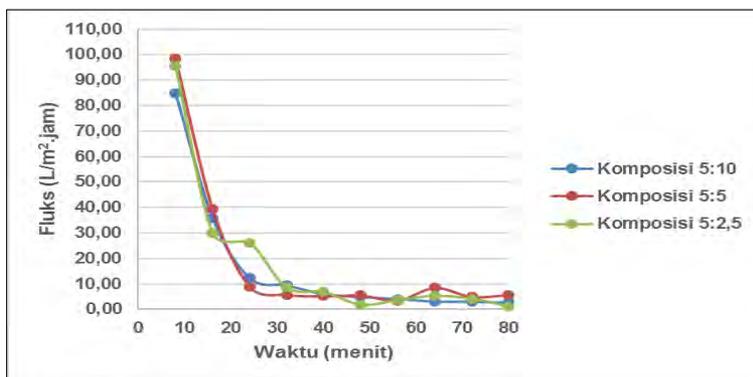
peningkatan konsentrasi polimer juga dapat membentuk konsentrasi membran yang tinggi sehingga jumlah pori akan menurun dan fluks menjadi rendah (Anwar, 2006). Semakin tinggi konsentrasi zeolit dalam membran, maka pori yang terbentuk akan semakin kecil ukurannya. Tingginya konsentrasi zeolit menyebabkan jarak antar molekul dalam membran semakin rapat, sehingga pori yang terbentuk semakin kecil (Farha, 2012).

Berdasarkan Tabel 4.5 sampai dengan 4.7, seiring dengan penambahan komposisi zeolit, tidak mempengaruhi jumlah permeat yang dihasilkan. Hal ini menunjukkan adanya mekanisme polarisasi konsentrasi dalam membran. Istilah polarisasi konsentrasi digunakan untuk menggambarkan adanya akumulasi zat terlarut yang tertahan pada permukaan membran dimana konsentrasi zat terlarut tersebut jauh lebih tinggi dibandingkan dengan larutan umpan yang masuk. (Bhattacharyya, 1992). Dalam literatur lain menyebutkan bahwa polarisasi konsentrasi dapat disebut sebagai polarisasi gel (Hendricks, 2006). Fenomena polarisasi ini dapat menyebabkan penurunan fluks air (permeat) yang melewati membran yang disebabkan karena resistensi hidrolik yang meningkat maupun atau karena tekanan osmotik di daerah tempat lapisan gel terbentuk meningkat.

Variasi tekanan yang digunakan pada penelitian yaitu 2 bar dan 3 bar. Pengaruh tekanan ditunjukkan pada Gambar 4.13 dan Gambar 4.14. Berdasarkan Gambar 4.13 dan Gambar 4.14 menunjukkan nilai fluks terbesar terjadi pada menit ke 8 dan terus menurun sampai menit ke 80. Tekanan pada proses filtrasi berfungsi sebagai *driving force* dan merupakan salah satu parameter operasi yang paling penting pada proses membran. Tekanan pada membran secara langsung mempengaruhi besarnya fluks permeat dan sering digunakan untuk mengendalikan laju alir umpan (Lin *et al.*, 2004; Kumar *et al.*, 2004). Grafik nilai fluks untuk tekanan 2 bar disajikan pada Gambar 4.13 dan grafik nilai fluks untuk tekanan 3 bar disajikan pada Gambar 4.14.



Gambar 4.13 Nilai Fluks Tekanan 2 Bar



Gambar 4.14 Nilai Fluks Tekanan 3 Bar

Nilai fluks pada tekanan 2 bar yang paling tinggi didapat pada komposisi membran 5:5 sebesar 80,61 L/m².jam Pada membran 5:10 nilai fluks yang paling tinggi sebesar 34,04 L/m².jam. Pada membran 5:2,5 nilai fluks yang paling tinggi sebesar 32,84 L/m².jam. Nilai fluks pada tekanan 3 bar yang paling tinggi didapat pada komposisi membran 5:5 sebesar 98,53 L/m².jam Pada membran 5:10 nilai fluks yang paling tinggi sebesar 84,79 L/m².jam. Pada membran 5:2,5 nilai fluks yang paling tinggi

sebesar 95,54 L/m².jam. Dari Gambar 4.13 dan 4.14 terlihat bahwa pada tiap komposisi membran yang sama, semakin besar tekanan yang diberikan memberikan fluks yang semakin besar. Hal ini disebabkan karena gaya dorong yang terjadi pada air yang melalui membran semakin besar, yang berdampak pada semakin besarnya fluks permeat yang dihasilkan.

Berdasarkan Tabel 4.6 didapatkan nilai fluks terbaik berada pada membran dengan komposisi 5:5 dengan nilai fluks 98,53 L/m².jam. Kenaikan fluks membran disebabkan karena adanya *driving force* pada permukaan membran yang menyebabkan volume fluida yang melewati membran akan semakin besar. Peningkatan tekanan yang diaplikasikan pada aliran umpan yang melewati membran akan menyebabkan terjadinya deformasi pada membran sehingga ukuran pori-pori membran melebar dan fluks yang dihasilkan pun semakin besar seiring dengan pertambahan tekanan (Kusumawati, 2012).

Nilai fluks yang terbesar pada penelitian ini adalah 40,31 L/m².jam.bar pada komposisi membran 5:5 tekanan 3 bar dan yang terkecil adalah 0,27 L/m².jam.bar pada komposisi membran 5:10 pada tekanan 2 bar. Berdasarkan tekanan dan nilai fluks, membran pada penelitian ini termasuk ke dalam jenis membran ultrafiltrasi dengan rentang nilai fluks adalah 10-50 L/m².jam.bar (Mulder, 1996).

Berdasarkan nilai fluks dapat dilakukan studi perbandingan besarnya nilai fluks terhadap berbagai jenis membran dalam pengolahan limbah. Perbandingan nilai fluks untuk setiap jenis membran disajikan dalam Tabel 2.9. Berdasarkan studi perbandingan jenis membran terhadap nilai fluks yang ditunjukkan pada Tabel 2.9, pembuatan membran kitosan dan zeolit dapat menghasilkan fluks yang tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa kitosan dan zeolit dapat dijadikan referensi sebagai bahan pembuat membran yang baik.

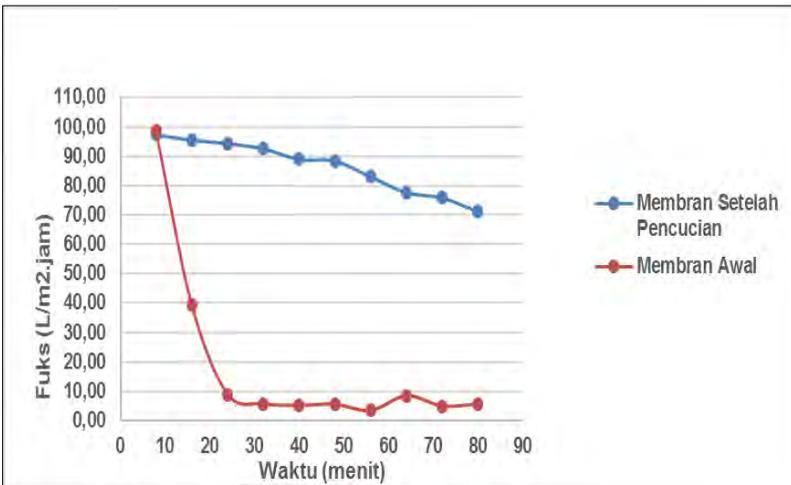
4.7 Pengaruh Pencucian Membran dan Intermiten On/Off Pompa 5 menit Terhadap Nilai Fluks

Pencucian dapat didefinisikan sebagai proses dimana material dihilangkan dari zat-zat yang bukan bagian integral dari material tersebut (Wenten, 1999). Teknik-teknik untuk penghilangan (pembersihan) endapan dari membran yang mengalami fouling diantaranya secara kimia (menggunakan bahan kimia), mekanis (osmosis langsung, pembilasan) dan kombinasi keduanya. Pencucian membran menggunakan bahan kimia merupakan metode yang secara luas digunakan untuk mengendalikan fouling. Mekanisme pencucian dan efektivitas setiap metode pencucian yang berbeda terhadap perbedaan tipe fouling (Lim dan Bai, 2003). Nilai fluks membran sebelum dan setelah dicuci ditunjukkan pada Gambar 4.11 dan Tanel 4.8.

Tabel 4.8 Nilai Fluks Membran Sebelum dan Sesudah Dicuci

Tekanan	Waktu (menit)	Menit hitung	Waktu (jam)	Vol. permeate (ml)	Vol. permeate (L)	Fluks (L/m ² .jam)
Membran Setelah Dicuci						
3 bar	8	8	0,13	16,3	0,0163	97,33
	16	8	0,13	16	0,016	95,54
	24	8	0,13	15,8	0,0158	94,35
	32	8	0,13	15,5	0,0155	92,56
	40	8	0,13	14,9	0,0149	88,97
	48	8	0,13	14,8	0,0148	88,38
	56	8	0,13	13,9	0,0139	83,00
	64	8	0,13	13	0,013	77,63
	72	8	0,13	12,7	0,0127	75,84
80	8	0,13	11,9	0,0119	71,06	
Membran Awal						
3 bar	8	8	0,13	16,50	0,0165	98,53
	16	16	0,27	13,20	0,0132	39,41
	24	24	0,40	4,50	0,0045	8,96
	32	32	0,53	3,80	0,0038	5,67

Tekanan	Waktu (menit)	Menit hitung	Waktu (jam)	Vol. permeate (ml)	Vol. permeate (L)	Fluks (L/m ² .jam)
	40	40	0,67	4,30	0,0043	5,14
	48	48	0,80	5,50	0,0055	5,47
	56	56	0,93	4,00	0,0040	3,41
	64	64	1,07	11,30	0,0113	8,43
	72	72	1,20	7,40	0,0074	4,91
	80	80	1,33	9,40	0,0094	5,61



Gambar 4.15 Pengaruh Pencucian Terhadap Nilai Fluks

Fouling membran merupakan proses terbentuknya lapisan oleh material yang tidak diinginkan pada permukaan membran. Foulant penyebab Fouling cenderung bersifat reversible dan irreversible (Syarfi, 2013). Terjadinya fouling membran tidak dapat dihindari dan inilah tantangan terbesar dalam teknologi membran. Lapisan fouling membran (foulant) ini menghambat filtrasi. Foulant ini dapat berupa endapan organik (makromolekul, substansi biologi), endapan anorganik (logam hidroksida, garam kalsium dan partikulat). Foulant akan terakumulasi pada permukaan membran.

Akibatnya foulant ini akan mengurangi efektivitas dan fluks membran (Sulistiyani, 2015).

Dalam penelitian ini, intermitten on/off pompa dilakukan dengan interval 8 menit hisap (on) dan 5 menit berhenti (off). Pompa hisap yang bekerja secara kontinyu akan menyebabkan kompresi cake pada permukaan membran terjadi semakin cepat sehingga dapat menyumbat pori-pori membran (Januarti, 2005). Pencucian membran pada penelitian ini menggunakan aquades dan NaOH. Penelitian Amrizal (2011) mengemukakan bahwa pencucian membran ultrafiltrasi pada proses pengolahan emulsi minyak lebih efisien menggunakan NaOH dalam penghilangan foulant dibandingkan HCl. Waktu untuk pembilasan dengan aquades dan aquades selama 15 menit.

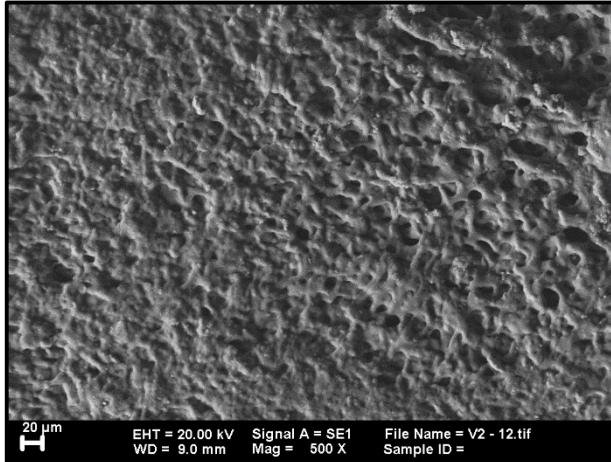
Membran yang digunakan ulang setelah dicuci adalah membran dengan fluks tinggi yaitu pada komposisi kitosan-zeolit 5:5 pada tekanan 3 bar. Hasil pencucian membran dan intermitten on/off pompa dapat dilihat pada Tabel 4.6. Pada Tabel 4.6 didapatkan fluks membran setelah dicuci sebesar 97,33 L/m².jam. Meskipun pencucian mampu meningkatkan kembali fluks, tetapi fluks yang diperoleh tidak sebesar waktu operasi awal. Hal ini disebabkan karena masih ada penyumbatan pada pori-pori membran dan waktu yang digunakan untuk pencucian terbatas, sehingga tidak semua endapan terbawa.

4.8 Analisis Morfologi Membran

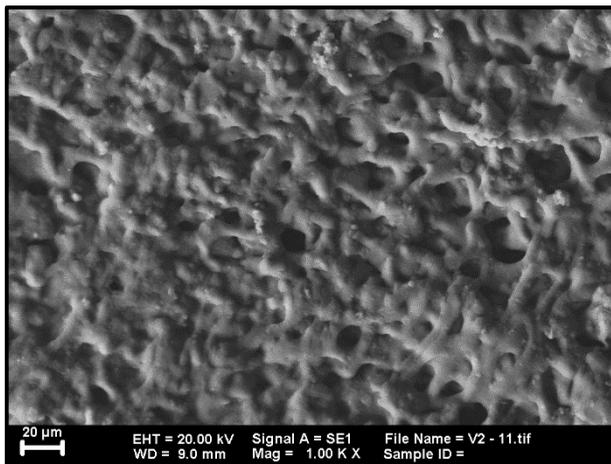
Salah satu cara untuk mengetahui morfologi membran adalah dengan uji SEM. Dengan uji ini dapat diketahui struktur permukaan dan penampang melintang suatu polimer menggunakan mikroskop elektron. Selain itu, SEM juga dapat mengetahui distribusi pori, geometri pori, ukuran pori dan porositas pada permukaan (Mulder, 1996). Sedangkan EDX untuk mengetahui komposisi unsur yang terkandung dalam membran. Membran yang digunakan untuk analisis SEM dilakukan pada membran yang mempunyai nilai rejeksi tertinggi yaitu membran dengan komposisi 5:10 pada tekanan membran 2 bar.



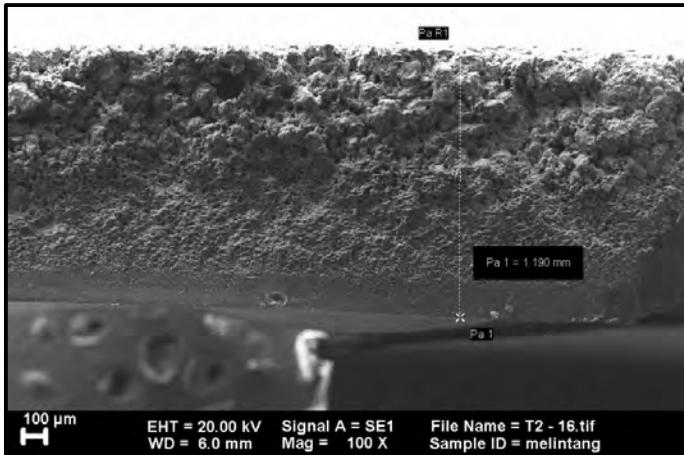
**Gambar 4.16 Morfologi Membran Sebelum Filtrasi
Perbesaran 1000x**



Gambar 4.17 Morfologi Membran Sesudah Filtrasi Perbesaran 500x



Gambar 4.18 Morfologi Membran Sesudah Filtrasi Perbesaran 1000x



Gambar 4.19 Morfologi Penampang Melintang Membran Sebelum Filtrasi

Langkah-langkah kegiatan yang harus dilakukan untuk analisis SEM adalah mengeringkan sampel, membran yang akan di uji SEM 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 dilakukan proses *coating* untuk melapisi membran dengan logam mulia seperti emas atau platina yang berfungsi sebagai penghantar dan dilapisi emas murni (*coating*). Langkah selanjutnya adalah mengambil gambar permukaan membran dengan perbesaran tertentu.

Berdasarkan hasil analisis SEM pada Gambar 4.16 membran sebelum aplikasi filtrasi dapat dilihat bahwa ukuran pori membran hasil penelitian sebesar 22,97 nm – 24,93 nm sehingga dapat digolongkan dalam kategori membran ultrafiltrasi. Menurut Wenten (1999), membran ultrafiltrasi memiliki ukuran pori yang berkisar antara 5 – 20 nm dengan tebal mencapai 150 μm. Dari Gambar 4.16 terlihat permukaan membran yang lebih rata dan sementara Gambar 4.17 menunjukkan permukaan membran yang telah terisi pengotor dari limbah. Hal ini menunjukkan penumpukan kotoran pada permukaan membran. Ketebalan membran ditunjukkan pada

Gambar 4.18. Ketebalan membran kitosan dan zeolit adalah 1,190 mm.

Analisis EDX (Energy Dispersive Analysis X-Ray) juga dilakukan untuk mengetahui komponen unsur yang terdapat pada membran. Komposisi unsur yang terkandung pada membran setelah filtrasi dapat dilihat pada Tabel 4.11.

Tabel 4.9 Komposisi unsur membran sesudah filtrasi

Unsur	C	N	O	Al	Si	Cl	Cr	Zn
%Wt	49,7	0	46,47	0,06	0,43	0,55	0,09	2,7



Gambar 4.20 EDX Membran Kitosan dan Zeolit

Pada Tabel 4.11 dan gambar 4.20 menunjukkan komposisi unsur membran sebelum digunakan proses filtrasi. Komponen C, O, Al dan Si merupakan komponen utama penyusun membran yaitu zeolit dan kitosan. Komponen C, O, Al dan Si merupakan komponen utama penyusun membran yaitu zeolit dan kitosan. Pada hasil analisis SEM EDX membran setelah digunakan untuk filtrasi terdapat juga kandungan unsur yang lain yaitu Zn dan Cr, unsur-unsur tersebut berasal dari polutan limbah elektroplating yang tidak lolos dan terjebak dalam pori membran.

Pada EDX, dilakukan penembakan pada titik/spot yang diinginkan dalam hal ini adalah pada permukaan membran kitosan dan zeolit. Dari pengujian tersebut diperoleh indikasi adanya unsur-unsur kimia yang ada pada spesimen. Pada Gambar 4.20, selain unsur C yang ditunjukkan warna merah keunguan terdapat unsur Si dan O yang juga mendominasi dalam sampel yang berperan sebagai penyusun dari zeolit. Berdasarkan hasil EDX terlihat bahwa persentase Zn lebih besar daripada Cr. Hal ini disebabkan karena berdasarkan ukuran jari-jari atom, ukuran logam Zn lebih besar dari ukuran logam Cr. Oleh sebab itu, Zn lebih dapat ditahan oleh membran karena ukuran logam Zn lebih besar daripada ukuran logam Cr. Ukuran ion logam, makin kecil ukuran ion logam maka kompleks yang terbentuk semakin stabil (Pearson, 1973).

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan didapatkan beberapa kesimpulan yaitu :

1. Nilai rejeksi tertinggi untuk parameter kadar logam seng (Zn) dihasilkan pada variasi komposisi kitosan-zeolit 5:10 dengan tekanan 2 bar yaitu 95%. Pada variasi komposisi kitosan-zeolit 5:2,5 dihasilkan rejeksi 62,2% pada tekanan 2 bar dan 61,1% pada tekanan 3 bar. Sedangkan komposisi kitosan-zeolit 5:5 menghasilkan rejeksi 65,5% pada tekanan 2 bar dan 67,4% pada tekanan 3 bar.
2. Nilai fluks yang tertinggi dihasilkan oleh komposisi kitosan-zeolit 5:5 yaitu sebesar 98,53 L/m².jam pada tekanan 3 bar. Pada komposisi kitosan-zeolit 5:5 tekanan 2 bar dihasilkan fluks 80,61 L/m².jam. Sedangkan komposisi kitosan-zeolit 5:10 menghasilkan nilai fluks 34,04 L/m².jam pada tekanan 2 bar dan 84,79 L/m².jam pada tekanan 3 bar. Pada komposisi kitosan-zeolit 5:2,5 menghasilkan nilai fluks 32,84 L/m².jam pada tekanan 2 bar dan 95,54 L/m².jam pada tekanan 3 bar.
3. Massa membran kitosan dan zeolit terbaik dalam pembuatan membran filtrasi untuk pengolahan limbah elektroplating adalah membran pada komposisi 5 gram:10 gram dengan tekanan 2 bar dilihat dari kemampuan merejeksi kadar logam seng (Zn).

5.2 Saran

1. Sebaiknya digunakan reaktor yang lebih kompatibel agar kinerja membran dapat diketahui.
2. Berdasarkan kadar logam seng (Zn) hasil aplikasi filtrasi yang masih di atas baku mutu, perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan kombinasi treatment lain sebelum perlakuan filtrasi menggunakan membran (pretreatment).

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LAMPIRAN A

- **Cara uji seng (Zn) dengan Spektrofotometri Serapan Atom (SSA)-nyala berdasarkan SNI 06-6989.7-2004**

- **Bahan**

1. Air bebas mineral.
2. Asam nitrat (HNO_3) pekat p.a.
3. Logam seng (Zn) dengan kemurnian 99,9%.
4. Gas asetilen (C_2H_2) HP dengan tekanan minimum 100 psi.
5. Larutan pengencer HNO_3 0,05 M.
Larutkan 3,5 mL HNO_3 pekat ke dalam 1000 mL air bebas mineral dalam gelas piala.
6. Larutan pencuci HNO_3 5% (v/v).
Tambahkan 50 mL asam nitrat pekat ke dalam 800 mL air bebas mineral dalam gelas piala 1000 mL, lalu tambahkan air bebas mineral hingga 1000 mL dan homogenkan.
7. Larutan kalsium.
Larutkan 630 mg kalsium karbonat (CaCO_3) dalam 50 mL HCl (1+5). Bila perlu larutan dididihkan untuk menyempurnakan larutan. Dinginkan dan encerkan dengan air bebas mineral hingga 1 liter.
8. Udara tekan.

- **Peralatan**

1. Spektrometer Serapan Atom (SSA)-nyala.
2. Lampu katoda berongga (Hollow Cathode Lamp, HCL) seng.
3. Gelas piala 100 mL dan 250 mL.
4. Pipet volumetrik 10,0 mL dan 50,0 mL.
5. Labu ukur 50,0 mL; 100,0 mL dan 1000,0 mL.
6. Erlenmeyer 100 mL.
7. Corong gelas.
8. Kaca arloji.
9. Pemanas listrik.
10. Seperangkat alat saring vakum.

11. Saringan membran dengan ukuran pori 0,45 μm .
12. Timbangan analitik dengan ketelitian 0,0001 g.
13. Labu semprot

- **Pembuatan larutan induk logam seng 100 mg Zn/L**

1. Timbang $\pm 0,100$ g logam seng, masukkan ke dalam labu ukur 1000,0 mL.
2. Tambahkan 20 mL HCl (1+1) hingga larut (≈ 100 mg Zn/L).
3. Tambahkan air bebas mineral hingga tepat tanda tera, lalu homogenkan.
4. Hitung kadar seng berdasarkan hasil penimbangan.

Catatan: Larutan ini dapat dibuat dari larutan standar 1000 mg Zn/L siap pakai.

- **Pembuatan larutan baku logam seng 10 mg Zn/L**

1. Pipet 10,0 mL larutan induk seng 100 mg Zn/L, masukkan ke dalam labu ukur 100,0 mL.
2. Tepatkan dengan larutan pengencer sampai tanda tera dan homogenkan.

- **Pembuatan larutan kerja logam seng (Zn)**

Buat deret larutan kerja dengan 1 (satu) blanko dan minimal 3 (tiga) kadar yang berbeda secara proporsional dan berada pada rentang pengukuran.

- **Pembuatan kurva kalibrasi**

1. Operasikan alat dan optimasikan sesuai dengan petunjuk penggunaan alat untuk pengukuran seng.
CATATAN 1 Salah satu cara optimasi alat dengan uji sensitifitas.
CATATAN 2 Tambahkan matrix modifier dan atau atasi gangguan pengukuran sesuai dengan SSA yang digunakan.
2. Aspirasikan larutan blanko ke dalam SSA-nyala kemudian atur serapan hingga nol.
3. Aspirasikan larutan kerja satu persatu ke dalam SSA-nyala, lalu ukur serapannya pada panjang gelombang 213,9 nm, kemudian catat.

4. Lakukan pembilasan pada selang aspirator dengan larutan pengencer.
5. Buat kurva kalibrasi dari data pada langkah (3) di atas, dan tentukan persamaan garis lurusnya.
6. Jika koefisien korelasi regresi linier (r) $< 0,995$, periksa kondisi alat dan ulangi langkah (2) sampai dengan (3) hingga diperoleh nilai koefisien $r \geq 0,995$.

- **Pengukuran contoh uji**

1. Aspirasikan contoh uji ke dalam SSA-nyala lalu ukur serapannya pada panjang gelombang 213,9 nm. Bila diperlukan, lakukan pengenceran.
2. Catat hasil pengukuran.

- **Perhitungan**

Kadar logam seng (Zn) dihitung sebagai berikut:

$$\text{Zn (mg/L)} = C \times f_p$$

Keterangan:

C adalah kadar yang didapat hasil pengukuran (mg/L).

f_p adalah faktor pengenceran.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LAMPIRAN B

- **Tahap Pembuatan Membran**

- **Bahan dan alat**

1. Larutan Asam Asetat 1 %
2. Larutan NH_4Cl
3. *Poly Vinyl Alcohol* (PVA) (BM=60.000)
4. *Poly Ethylen Glykol* (PEG)
5. Serbuk kitosan dengan derajat deasetilasi 83,76 %
6. Serbuk zeolit
7. Pengaduk kaca
8. Cawan petri
9. Beaker glass 250 ml
10. Hot plate stirrer

- **Proses Aktivasi Zeolit**

1. Zeolit dihancurkan dengan *ball milling* dan diayak 200 mesh.
2. Zeolit direndam dengan larutan HCl 15% selama 24 jam untuk menghilangkan zat pengotor, kemudian di bilas air dan di oven selama 24 jam untuk menghilangkan kandungan air dan di desikator selama 15 menit untuk menyesuaikan dengan suhu normal.
3. Pasir zeolit yang sudah kering digerus sampai halus dan ditimbang sesuai variasi.
4. Larutan NH_4Cl sebanyak 100 mL ditambahkan pada zeolit bubuk yang telah ditimbang kemudian distirrer.
5. Endapan zeolit diambil.

- **Tahap Pembuatan Membran**

1. Kitosan ditimbang sebanyak 5 gram. Kitosan dibuat tetap 5 gram sedangkan zeolit yang berubah ubah sesuai variasi. Kitosan dilarutkan dalam 100 mL asam asetat 1% dengan *magnetic stirrer*.
2. Kitosan yang telah larut dicampur dengan endapan zeolit pada aktivasi zeolit sebelumnya. Larutan kitosan zeolit diaduk dengan hot plate stirrer dengan kecepatan 600 rpm dan dibantu alat sonikasi.
3. PVA ditimbang sebanyak 50 gram dan dilarutkan dalam aquades mendidih sebanyak 250 mL kemudian dibiarkan dingin.
4. PVA ditambahkan sebanyak 50 mL ke dalam larutan kitosan-zeolit yang sedang distirrer dan disonikasi.
5. Ditambahkan juga PEG sebanyak 25 mL.
6. Larutan diaduk hingga mengental dan bercampur selama 30 menit. Larutan dibiarkan hangat.
7. Larutan membran diambil dengan suntikan sebanyak 25 mL dan dituang ke dalam cawan petri untuk dicetak
8. Membran dibiarkan kering dalam oven dengan suhu 90°C selama 24 jam.
9. Membran yang telah jadi dilepas dari cetakan.

LAMPIRAN C

- **Perhitungan Koefisien 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_p = konsentrasi zat terlarut dalam *permeate*

C_f = konsentrasi zat terlarut dalam umpan

- Contoh perhitungan :

Rejeksi pada variasi komposisi 5:10 dan tekanan 2 bar pada menit ke 8

Konsentrasi *permeate* (C_p) = 1,170 mg/L

Konsentrasi umpan (C_f) = 3,12 mg/L

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

$$= \left(1 - \frac{1,170}{3,12}\right) \times 100\%$$

$$= 62,5\%$$

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LAMPIRAN D

- **Perhitungan Nilai Fluks**

- Perhitungan nilai fluks untuk tiap variasi membran menggunakan rumus :

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

Dengan : J = nilai fluks (L/m².jam)

V = volume *permeate* (L)

A = luas permukaan membran (m²)

t = waktu (jam)

- Contoh perhitungan :

Nilai fluks pada variasi komposisi 5:5 dan tekanan 3 bar pada menit ke 8

Volume *permeate* = 16,5 mL = 0,0165 L

Luas permukaan (A) = 3,14 x 2 cm x 2 cm

= 12,56 cm² = 0,001256 m²

Waktu (t) = 8 menit = 0,13 jam

J(Fluks) = $\frac{v}{A \times t} = \frac{0,0165 \text{ L}}{0,001256 \text{ m}^2 \times 0,13 \text{ jam}}$

= 98,53 L/m².jam

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LAMPIRAN E
DOKUMENTASI PENELITIAN



Larutan Membran



Serbuk Kitosan

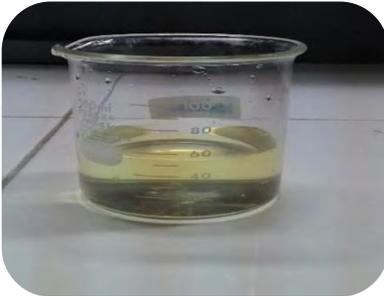


**Poly Vinyl Alcohol
(PVA)**



**Poly etilen Glicol
(PEG)**

LAMPIRAN E (Lanjutan)



Sebelum dan Sesudah Filtrasi



Pengambilan Sampel

DAFTAR PUSTAKA

- Afriyani, Y. D., Nirmala, A., dan Aryanti, A. (2013) "Pemisahan Konjak Glukomanan Menggunakan Membran Ultrafiltrasi". **Jurnal Teknologi Kimia dan Industri** 2, 4 : 164-169.
- Amrizal. (2011). **Efisiensi dan Efektifitas Pencucian Kimia Pada Membran Ultrafiltrasi Sistem Aliran Dead End Proses Pengolahan Limbah Emulsi Minyak**. Skripsi. Pekanbaru:Fakultas Teknik, Universitas Riau.
- Anwar, K. (2006). **Variasi Komposisi Casting dalam Metode Inversi Fase Proses Membran Selulosa Triasetat**. Skripsi. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Aritonang, S.P. (2009). **Studi Penggunaan Kitosan Nanopartikel Sebagai Bahan Penyalut Pada Zeolit Alam Untuk Menurunkan Konsentrasi Ion Cu^{2+} Dalam Larutan Teh Hitam**. Tesis. Medan: Universitas Sumatera Utara.
- Aufiyah dan Damayanti, A. (2013). "Pengolahan Limbah *Laundry* Menggunakan Membran Nanofiltrasi Aliran *Crossflow* untuk Menurunkan Kekeruhan dan Fosfat". **Jurnal Teknik Pomits** 2, 2 : 98-103.
- Bailey, S. E., Olin, T. J., Bricka, R. M., Adrian, D. D. (1999). "A review of potentially low-cost sorbents for heavy metals". **Water Res**, 33, 2469–2479.
- Besser, J. M. dan Rabeni, C. F. (1987). "Bioavailability and Toxicity of Metals Leached from Leadmine Tailings to Aquatic Invertebrates". **Environmental Toxicology and Chemistry** 6, (11), 879-890.
- Bhattacharya, P. K. & Bhattacharjee, S., (1992). "Flux decline behaviour with low molecular weight solutes during ultrafiltration in an unstirred batch cell". **Journal of membran science**, 72(2), 149-161.
- Budiono. (1999). **Pengaruh Aktivasi Arang Tempurung Kelapa Dengan Asam Sulfat dan Asam Fosfat Untuk Adsorpsi Fenol**. Universitas Diponegoro.

- Caro, J. 2000. Zeolite Membrane: From The Laboratory Scale to Technical Application. **Adsorption**, Vol.3, Hal.118-127.
- Cincotti, A., Mameli, A., Locci, M. A., Orru, R., dan Cao, G. (2006). "Heavy Metal Uptake by Sardinian Natural Zeolites: Experiment and modeling." **Ind. Eng. Chem. Res.**, Vol. 45, 1074–1084.
- Clesceri, L. S., Greenberg, A. E., Eanton, A. D. (1998). **Standard Methods for The Examination of Water and Wastewater**. Washington : APHP, AWWA, AWPC.
- Colwell, A. J. (1984). **Biotechnology in The Marine Science**. New York : John Wiley and Sons.
- Destianti, P., Susanto, H., & Oktawan, W. (2014). "Pengolahan Limbah Pencucian Mobil Menggunakan Teknologi Membran Ultrafiltrasi Berpori 50 dan 10 KDA". **Jurnal Teknik Lingkungan**, 3(4), 1-7.
- Dyahningtyas, T. E. (1999). Penghilangan Kadmium (Cd) dengan Menggunakan Kitosan. **Prosiding Seminar Nasional Kimia V**. Yogyakarta : Laboratorium Kimia Anorganik FMIPA UGM.
- Edahwati, L dan Suprihatin. (2009). "Kombinasi Proses Aerasi, Adsorpsi, dan Filtrasi pada Pengolahan Air Limbah Industri Perikanan". **Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan**, 2 (1). pp. 79-83.
- Eddy, N. O., Odoemelam, S. A., dan Mbaba, A. J. (2008). "Elemental Composition of Soil in Some Dumpsites". **J. Envr. Agric. Food Chem** 5(3), 1349-1363.
- Elystia, S., Saputra, A. D., & Priadinanta, L. (2014). Pencucian Secara Kimia Membran Ultrafiltrasi Sistem Aliran *Crossflow* Pada Proses Penyaringan Air Terproduksi. **Prosiding SNTK TOPI**. Pekanbaru.

- Ertan, A., dan Ozkan. (2005). "CO₂ and N₂ Adsorption on the Acid (HCl, HNO₃, H₂SO₄, and H₃PO₄) Treated Zeolites". **Adsorption**, Vol 11, 151-156.
- Farida, E. N. 2013. **Pengaruh Variasi Konsentrasi Variasi dan pH Asam Larutan Natrium Lauril Sulfat Terhadap Proses Pemisahannya Pada Membran Selulosa Asetat**. Skripsi. Jember : Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.
- Farha, F. I., & Kusumawati, N. (2012). **Pengaruh PVA Terhadap Morfologi dan Kinerja Membran Kitosan Dalam Pemisahan Parna Rhodamin-B**. Skripsi. Universitas Negeri Surabaya.
- Franco, L. O., Maia, R.C., Porto, A.L.F., Messias, A.S., Fukushima, K. and Campos-Takaki, G.M. (2004). Heavy Metal Biosorption by Chitin and Chitosan Isolated from *Cunninghamella elegans* (IFM46109), *Braz. J. Microbiol*, Vol.35, No.3.
- Gerhardt, A., Janssens de Bisthoven, L., dan Soares, A. M. V. M. (2004). "Macroinvertebrate Response to Acid Mine Drainage : Community Metrics and On-line Behavioural Toxicity Bioassay". **Environmental Pollution** 130 (2), 263-274.
- Guisnet, M., & Gilson, J. P. (2002). **Zeolites for cleaner technologies**. World Scientific.
- Hale, A. J. (1986). "Chitin as a Raw Material for Product Development. Applied Biotechnology". **World Biotech Report**, Vol. 1, London.
- Hendricks, D. 2006. **Water Treatment Process Unit**. New York: Taylor & Francis.
- Hidayat, M. F. (2014). **Penurunan Kandungan Zat Warna Pada Limbah Songket Menggunakan Membran Komposit-PVA Secara Ultrafiltrasi**. Disertasi. Politeknik Negeri Sriwijaya)

- Karthikeyan, G., Anbalagan, K., Andal, N. M. (2004). "Adsorption Dynamics and equilibrium Studies of Zn(II) onto Kitosan". **Indian Journal Chemical Science**. 116. pp. 119-127.
- Khopkar, S. M. (1990). **Konsep Dasar Kimia Analitik**. Jakarta : Universitas Indonesia Press.
- Kusumawati, N., dan Septiana, T. (2012). Pembuatan Dan Uji Kemampuan Membran Kitosan Sebagai Membran Ultrafiltrasi Untuk Pemisahan Zat Warna Rhodamin B. **Jurnal Molekul**, Vol. 7. No. 1.
- Lau, W. J., Ismail A.F., Firdaus, S. 2013. "Car Wash Industry in Malaysia: Treatment of Car Wash Effluent Using Ultrafiltration and Nanofiltration Membranes". **Separation and Purification Technology** 104, 26-31.
- Lestari, D. Y. (2010, April). "Kajian modifikasi dan karakterisasi zeolit alam dari berbagai negara". In **Prosiding Seminar Nasional Kimia dan Pendidikan Kimia**.
- Lestari, Y. I. I., & Maharani, D. K. (2013). "Filtrasi Ion Logam Fe (III) Dengan Membran Komposit Kitosan-GliseroL". **UNESA Journal of Chemistry**, 2(1).
- Mallack, H. M., dan G. Anderson (1997). "Cross-flow Microfiltration with Dynamic Membrans". **Journal Water Research**, Vol 31, Elsevier Science Ltd.
- Marwati, S., Padmaningrum, R. T. dan Marfuatun. (2009). Pemanfaatan Ion Logam Berat Tembaga(II), Kromium(III), Timbal(II), dan Seng(II) dalam Limbah Cair Industri Electroplating untuk Pelapisan Logam Besi. **Jurnal Penelitian Saintek**, Vol. 14, No. 1: 17-40. Yogyakarta : Universitas Negeri Yogyakarta.
- Mckay, G., H. S. Blair, dan S. Grant. 1987. "Desorption of Copper From a Copper-Kitosan Complex". **J.Chem. Tech. Biotechnol.** 40:63.
- Meena, A. K., Mishra, G. K., dan Rai, P. K. (2005). "Removal of heavy metal ions from aqueous solutions using carbon

- aerogel as an adsorbent". **Journal of Hazardous Materials**, 122, 161–170.
- Meriatna. (2008). **Penggunaan Membran Kitosan Untuk Menurunkan Kadar Logam Krom (Cr) dan Nikel (Ni) Dalam Limbah Cair Industri Pelapisan Logam**. Tesis Program Pascasarjana. Medan : Universitas Sumatera Utara.
- Mulder, M. (1996). **Basic Principles of Membran Technology**. Netherland : Kluwer Academic Publisher.
- Muliawati, E. C. (2012). **Pembuatan dan Karakterisasi Membran Nanofiltrasi Untuk Pengolahan Air**. Semarang. Magister Teknik Kimia-UNDIP.
- Nešić, A. R., Sava J. Velic̆K., Dušan G. A. (2013). "Modification of kitosan by zeolite A and adsorption of Bezactive Orange 16 from aqueous solution". **Composites**, Part B, 53 ,145–151.
- Ngah W. S. W., Teong L. C., Toh R. H., dan Hanafiah M. A. K. M. (2012) "Utilization of kitosan–zeolite film in the removal of Cu(II) from aqueous solution: Adsorption, desorption and fixed bed column studies". **Chem Eng Journal**, 209 :46–53.
- Nisperoscarriedo, M. O. (1995). **Edible Coating and Film Based On Polysaccharides dalam Edible Coating and Films to Improve Food Quality**. Editor J.M. Krochta. E.A. Baldwin, dan O.N.C. Myrha. Technomic : Publ. Co.Inc.
- Noralia, E., & Maharani, D. K. (2013). "Filtrasi Ion Logam Cr⁶⁺ Dengan Membran Komposit Kitosan-Silika". **Jurnal Mahasiswa Teknologi Pendidikan**, 2(1).
- Nugroho, W., & Purwoto, S. (2013). Removal Klorida, TDS dan Besi Pada Air Payau Melalui Penukar Ion dan Filtrasi Campuran Zeolit Aktif Dengan Karbon Aktif. **Jurnal Teknik Waktu** Vol.11 No.01: 47-59.
- Nugroho, A. S. dan Damayanti A. (2014) "Uji Kinerja Membran Nanofiltrasi Zeolit untuk Menapis Nitrat dan Amonium Alir Limbah Produksi Tahu". **J. Purifikasi**. 106-117

- Ornum, J. U. (1992). "Shrimp Waste Must It be Wasted?". **Infofish**, 6:48.
- Palar, H. (1994). **Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat**. Jakarta : Rineka Cipta.
- Parmar, Mukesh and L. S. Thakur. (2013). "Heavy Metal Cu, Ni, and Zn: Toxicity, Health Hazards and Their Removal Techniques By Low Cost Adsorbent : A Short Overview". **International Journal Of Plant, Animal and Environmental Sciences** Vol 3, 143-157.
- Paterson, S dan Fane, T. (1987). **Membran Technology in Biotechnology**. Australia : School of Chemical Engineering and Industrial Chemistry and Departement of Biotechnology, Faculty of Applied Science, University of New South Wales.
- Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 Tahun 2013 **Tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Industri Dan/Atau Kegiatan Usaha Lainnya**.
- Pearson, R. G. (1973). **Hard and soft acids and bases (Vol. 2)**. Van Nostrand Reinhold.
- Priyambodo, E. (2008). **Pembuatan dan Karakterisasi Membran Keramik $ZrSiO_4-V_2O_5$** . Tesis Magister pada Program Studi Kimia ITB :
- Pujjastuti, C dan Erwan A. S. (2007). **Pengaruh Ukuran Zeolit dan Penambahan Na-EDTA Pada Penyerapan Logam Zn Dalam Limbah Elektroplating**. Surabaya : ISSN 1978 – 0427.
- Raharjo, W. P., & Kusharjanta, B. (2013). "Optimalisasi Variasi Tegangan Dan Waktu Terhadap Ketebalan Dan Adhesivitas Lapisan Pada Plat Baja Karbon Rendah Dengan Proses Electroplating Menggunakan Pelapis Seng". **Mekanika**, 11(2).
- Roekmijati. (2002). "Presipitasi Bertahap Logam Berat Limbah Cair Industri Pelapisan Logam Menggunakan Larutan Kaustik Soda". **Jurnal Kimia Lingkungan**. Jakarta : Universitas Indonesia.

- Ronaldo, R. (2008). **Zeolit Alam dan Kitosan sebagai Adsorben Catalytic Converter Monolitik untuk Pereduksi Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor**. Bogor: IPB.
- Rosalina, H. (2014). **Penurunan Kandungan Logam berat Dari Limbah Cair Industri Pelapisan Logam Menggunakan Membran Komposit Kitosan-PVA**. Disertasi. Politeknik Negeri Sriwijaya.
- Said, N. F., & Widiastuti, N. (2008). "Adsorption of Cu (II) on zeolite a synthesized from coal bottom ash of PT. Ipmomi Paiton". **Jurnal Zeolit Indonesia**, 7(1), 1-11.
- Sari, T. K. dan Damayanti, A. (2014). **Pengolahan Limbah Laundry Menggunakan Membran Nanofiltrasi Zeolit Aliran Crossflow untuk Filtrasi Kekeruhan dan Fosfat**. Skripsi. Surabaya : Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Sari, T. K. (2015). **Filtrasi Limbah Cair Kelapa Sawit dengan Membran Zeolit-Silika untuk Menurunkan BOD, COD dan TSS**. Tesis. Surabaya : Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Scott, K dan Hughes, R. 1996. **Industrial Membran Separation Technology**. London : Blackie Academic and Professionals.
- Siswosuwarno, M. (1996). **Scanning Electron Microspoy Sebagai Salah Satu Teknik Pemeriksaan Material**. Laboratorium Metalurgi Jurusan Teknik Mesin. Institut Teknologi Bandung.
- Sugiyarto, K. H., & Suyanti, R. D. (2010). **Kimia anorganik logam**. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Sulistiyani, E., & Fitrianingtyas, M. (2010). **Pengendaelian Fouling Membran Ultrafiltrasi Dengan Sistem Automatic Backwash dan Pencucian Membran**. Doctoral dissertation. Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik UNDIP.
- Sumada, K. (2006). "Kajian Istalasi Pengolahan Air Limbah Industri Elektroplating Yang Efisien". **Jurnal Teknik Kimia** Vol 1 No 1. Surabaya : UPN Veteran Jawa Timur.

- Suptijah, P., E. Salamah, H. Sumaryanto, S. Purwaningsih, dan J. Santoso. (1992). **Pengaruh Berbagai Metode Isolasi Khitin Kulit Udang Terhadap Mutunya. Laporan Penelitian Jurusan Pengolahan Hasil Perikanan.** Bogor : Fakultas Perikanan – IPB.
- Susanawati, L.D., Suharto, B., dan Kustamar. (2011). “Penurunan Kandungan Logam Berat Pada Air Lindi Dengan Media Zeolit Menggunakan Metode Batch dan Metode Kontinyu”. **Agrointek** Vol 5, No.2: 126 – 131.
- Sutarti, M., & Rachmawati, M. (1994). **Zeolit tinjauan literatur.** Pusat Dokumentasi dan Informasi Ilmiah. Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia, Jakarta.
- Suyartono dan Husaini, 1991, **Tinjauan terhadap kegiatan penelitian karakterisasi dan pemanfaatan zeolit Indonesia yang dilakukan PPTM Bandung periode 1890-1991.** Bandung: Buletin PPTM.
- Syarfi dan Khairat. (2013). “Regenerasi secara Kimia Membran Ultrafiltrasi Sistem Aliran *Crossflow* pada Proses Penyaringan Air Terproduksi”. **Jurnal Teknobiologi** IV, (2): 123– 129.
- Syarfi, & Syamsu., H, (2007). “Rejeksi Zat Organik Air Gambut Dengan Membran Ultrafiltrasi”. **Jurnal Sains dan Teknologi Fakultas Teknik Universitas Riau.** 6, (1):1-4.
- Tarigan, T. (2005). **Pembuatan Membran Kitin dan Pengujian Sifat Permeabilitas Terhadap Ureum, Aspirin dan Albumin.** Tesis Program Pasca Sarjana. Medan: Universitas Sumatera Utara.
- Tavolaro, A., dan Drioli E. (1999). “Zeolite Membran”. **Adv Mater.** 11, 975-996.
- Utami, R. (2012). **Modifikasi Zeolit Alam Dengan Nanokitosan Sebagai Adsorben Ion Logam Berat dan Studi Kinetikanya Terhadap Ion Pb (II).** Skripsi. Depok : Program Sarjana Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Indonesia.

- Vogel. (1990). **Buku Teks Analisis Anorganik Kualitatif Makro dan Semimikro**. Jakarta: PT. Kalman Media Pustaka.
- Wahyuni, S. (2015). **Studi Pembuatan dan Penggunaan Membran Kitosan Sebagai Membran Ultrafiltrasi Dalam Pengolahan Limbah POME (Palm Oil Mill Effluent)**. Tesis. Surabaya : Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Wang, H., dan Zou, H. (2013). **Understand the Basics of Membran Filtration**, <URL:http:// www.aiche.org/cep>.
- Wenten, I.G. (1999). **Teknologi Membran Industrial**. Bandung : Teknik Kimia-ITB.
- Weitkamp.L. and Puppe. L. (1999). **Catalysis and Zeolite**. New York: Springer.
- Widayanti, N. 2013. **Karakterisasi Membran Selulosa Asetat Dengan Variasi Komposisi Pelarut Aseton dan Asam Format**. Skripsi. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengerahuan Alam. Universitas Jember.
- Wiyarsi, A., & Priyambodo, E. (2009). **Pengaruh Konsentrasi Kitosan dari Cangkang Udang Terhadap Efisiensi Penjerapan Logam Berat**. Skripsi. Universitas Negeri Yogyakarta, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Yogyakarta.
- Yunarsih, N. M. (2013). **Efektifitas Membran Kitosan dari Kulit Udang Galah untuk Menurunkan Fosfat dalam Air Limbah Laundry**. Tesis. Denpasar: Universitas Udayana.
- Yunianti, S., & Maharani, D. K. (2012). "Pemanfaatan Membran Kitosan-Silika Untuk Menurunkan Kadar Ion Logam Pb (II) dalam Larutan". **Journal of Chemistry**, 1(1), 108-115
- Yu, D., Zheng, X., Xu, R., Xiao, Q., 2012. "The application of membran technology in electronic industrial". **China Water Wastewater**, 28 : 1–5.
- Zhang, Y., Li, Y. F., Yang, L., Q. Ma, X.J., Wang L., Y. dan Ye, Z.F. (2010). "Characterization and adsorption mechanism of Zn²⁺ by PVA/EDTA resin in polluted water". **Journal of Hazardous Materials** 178 : 1046 -1054.

Zhang, Y., Weiwei Y., Zhiming S., Cheng P., Xue M., Gang Z. dan Jianping G. (2015). "Fabrication of porous zeolite/kitosan monoliths and their applications for drug release and metal ions adsorption". **Carbohydrate Polymers**, 117 : 657–665.

BIOGRAFI PENULIS



Penulis dilahirkan di Surabaya pada tanggal 13 Oktober 1994. Penulis mengenyam pendidikan dasar pada tahun 2000-2006 di SDN Dukuh Menanggal II/425 Surabaya. Kemudian dilanjutkan di SMPN 22 Surabaya pada tahun 2006-2009, sedangkan pendidikan tingkat atas dilalui di SMAN 15 Surabaya dari tahun 2009-2012. Penulis kemudian melanjutkan pendidikan S1 di Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan, ITS, Surabaya pada tahun 2012 dan terdaftar dengan NRP 331210033. Penulis pernah aktif sebagai anggota Himpunan Mahasiswa Teknik Lingkungan (HMTL) pada tahun 2013-2014 sebagai staff Departemen Dalam Negeri dan 2014-2015 sebagai Kepala Bidang Internal Departemen Dalam Negeri Luar. Penulis juga sempat aktif pada kepanitiaan Kampung Binaan HMTL dan Program Kreativitas Mahasiswa (PKM) Didanai pada tahun 2014 dan 2015. Pada Tahun 2015, penulis melaksanakan Kerja Praktik di PT PJB UP Gresik. Bagi pembaca yang memiliki saran dan kritik maka bisa menghubungi penulis melalui email vevenilia@gmail.com.