



Membran Kitosan Sebagai Adsorben Logam Besi (Fe) pada Air Sumur di Lingkungan Teknik Kimia UPN "Veteran" Yogyakarta

Endang Sulistyawati¹, Nanda Dicky Wijaya², dan Tantriyani^{3*}

¹Prog Studi Teknik Kimia, FTI, UPN "Veteran" Yogyakarta
Jl. SWK 104 (Lingkar Utara), Condongcatur, Yogyakarta – 55283

*E-mail : tantriyani2604@gmail.com

Abstract

Well water in Chemical Engineering of UPN "Veteran" Yogyakarta area physically looks yellow and smells iron. The result of the analysis showed that Fe content in well water was 1.289 ppm, so it hadn't met the standard of quality yet. Chitosan is a natural polymer containing amine and hydroxyl groups that can absorb heavy metals such as Fe. The effectiveness of using chitosan can be increased by modification into a membran. The chitosan membran is expected to increase the absorption capacity because it is semipermeable, which can hold larger specimens of membran pore size. The chitosan membran is made by dissolving chitosan powder into acetic acid and printed in a 9 cm diameter petri dish. Relatively good membran characteristic was obtained on 7 grams of chitosan and 200 mL of 1% acetic acid. It was obtained the swelling value is 73,27%, the voltage is 40,55 Mpa and the strain is 4,23%. The detected membran has a pore size in the range of 0.8-3.0 μm and the average flux value is 3.3715 $\text{L}/\text{m}^2\cdot\text{min}$ so it is a nanofiltration membran. The test of chitosan membran as an adsorbent showed the increasing of absorption of Fe metal and other metals that is Mn, Pb, Zn, and Cr^{6+} equals to 33,89%. Relatively good result is obtained at 30 minutes of adsorption with Fe content equals to 0,97 ppm and including water class II.

Keywords: chitosan membran, adsorption, well water, Fe metal

Pendahuluan

Air merupakan bahan alam yang sangat dibutuhkan makhluk hidup. Kualitas air yang tidak memenuhi baku mutu dari pemerintah dapat menimbulkan gangguan, kerusakan, dan bahaya bagi makhluk hidup yang bergantung pada sumber daya air (Endar dkk, 2014). Air sumur di lingkungan Teknik Kimia UPN "Veteran" Yogyakarta memiliki bau besi, berkerak dan berwarna kuning. Menurut hasil uji kualitas air, air sumur tersebut mengandung kadar besi sebesar 1,298 ppm sehingga masih belum memenuhi standar baku mutu yang ditetapkan pemerintah.

Saat ini telah banyak penelitian mengenai aplikasi kitosan sebagai adsorben logam berat. Mutia, dkk. (2017) telah melakukan penelitian menggunakan kitosan sebagai adsorben logam besi (Fe), mangan (Mn), dan seng (Zn) pada air sungai Belawan. Dardjito, dkk. (2006) melaporkan kajian tentang adsorpsi Cd(II) pada kitosan-alumina, sedangkan Nurul Asni, dkk. (2014) telah melakukan optimalisasi kitosan sebagai adsorben logam Pb(II). Semua penelitian tersebut melaporkan bahwa kitosan dapat digunakan sebagai adsorben logam-logam berat.

Kitosan merupakan salah satu jenis polimer alam dan gabungan dari kopolimer glukosamin dan N-asetilglukosamin (Mardiyasih & Dwi, 2011). Kitosan dibuat dari limbah kulit hewan bercangkang seperti udang, kepiting, rajungan hasil deasetilasi kitin dan mudah larut dalam asam organik. Kitosan mengandung gugus amina ($-\text{NH}_2$) dan hidroksil (OH), yang menjadikannya bersifat polielektrolit sehingga dapat digunakan sebagai adsorben untuk mengikat logam berat (Andini, 2014). Pada kondisi asam, gugus amina akan mengikat ion hidrogen (H^+) menjadi NH_3^+ sedangkan gugus hidroksil akan mengikat ion logam yang bermuatan positif. Untuk meningkatkan daya jerap kitosan terhadap logam berat, kitosan dimodifikasi dalam bentuk membran.

Membran bersifat semipermeabel, sehingga 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. Kelebihan dari pemisahan menggunakan membran kitosan ini dibandingkan dengan pemisahan lainnya adalah tidak diperlukannya perubahan fase medium, proses berlangsungnya cepat, lebih sederhana, ramah lingkungan, dan dapat digunakan kembali (Mulder, 1996). Penelitian mengenai sintesis membran kitosan telah banyak dilakukan. Meriatna (2008) telah melakukan penelitian mengenai penggunaan membran kitosan untuk menurunkan kadar logam krom (Cr) dan nikel (Ni) dalam limbah cair industri pelapisan logam yang mampu menurunkan kadar logam Cr sebesar 99,87% dengan konsentrasi membran 3% dan logam Ni sebesar 99,87% untuk konsentrasi kitosan 2% dengan waktu kontak 30 menit. Penelitian serupa dilakukan



oleh H Fitriah, dkk. (2012) untuk mengetahui konsentrasi kitosan pada pembuatan membran kitosan terhadap selektivitas ion Zn (II) dan Fe (II) dengan hasil paling efektif adalah membran kitosan dengan konsentrasi 1%. Adsorpsi maksimum Zn(II) pada membran kitosan sebesar 1,513 mmol/g dan Fe(II) sebesar 0,391 mmol/g.

Menurut Mulder (1991), keberhasilan proses pemisahan dengan menggunakan membran tergantung pada kualitas membran. Permeabilitas, permselektivitas, dan sifat mekanik membran bergantung pada struktur pori membran tersebut yang dipengaruhi oleh konsentrasi polimer.

Metodologi Penelitian

Bahan yang digunakan kitosan diperoleh dari CV. Chemix Yogyakarta. Air sumur yang diuji diambil dari lingkungan Jurusan Teknik Kimia UPN "Veteran" Yogyakarta. Bahan tambahan: asam asetat glasial (Merck), larutan natrium hidroksida dan akuades diperoleh dari CV. Chemix Yogyakarta

Sintesis membran kitosan

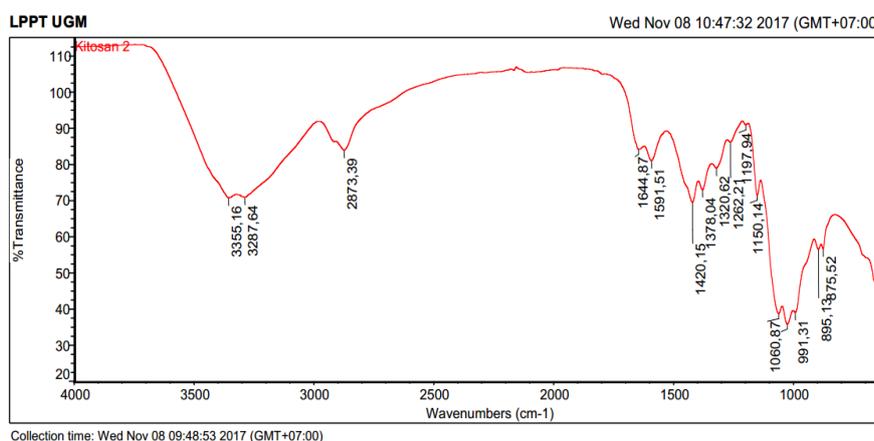
Kitosan dengan variasi massa 2, 3, 4, 5, 6, dan 7 g dilarutkan dalam 200 mL larutan asam asetat 1% pada suhu kamar. Bahan yang telah dicampur diaduk menggunakan pengaduk magnetik hingga homogen. Larutan yang telah homogen kemudian dicetak ke dalam petridish berdiameter 90 mm dan dikeringkan dengan bantuan sinar matahari selama 6-8 jam. Lapisan kitosan selanjutnya direndam dalam larutan NaOH 1%, selama 2 menit pada suhu kamar. Larutan NaOH 1% berfungsi sebagai larutan non-pelarut yang dapat berdifusi ke bagian bawah membran yang berhimpitan dengan permukaan cetakan sehingga membran tersebut kedorong ke atas dan terkelupas. Membran yang telah terlepas dicuci menggunakan akuades untuk menghilangkan NaOH dan dikeringkan pada suhu kamar. Hasil membran diuji sifat mekanik dan morfologinya menggunakan *Screw Test Stand* dan *Scanning Electron Microscopy* (SEM).

Proses adsorpsi

Adsorpsi dilakukan dengan melewati 50 mL air sumur ke dalam membran yang diletakkan di dalam corong Buchner dengan variasi waktu kontak 15, 30, 45, 60, 75, dan 90 menit. Air sumur yang telah disaring diukur konsentrasi logam Fe-nya menggunakan Spektrofotometer Genesys10.

Hasil dan Pembahasan

Karakteristik kitosan bahan baku diuji kadar air dan derajat deasetilasinya menggunakan *Fourier Transform Infra Red* (FTIR). Kitosan berdasarkan struktur molekulnya mempunyai gugus fungsi hidroksil -OH dan gugus amino -NH₂. Penyusuran dilakukan pada daerah angka gelombang 500 – 4000 cm⁻¹. Hasil uji FTIR ditunjukkan pada gambar 1 dan diperoleh gugus hidroksil -OH dan amina -NH₂ masing-masing terletak pada angka gelombang 1655 - 3450 cm⁻¹. Derajat deasetilasi ditentukan dengan metode *baseline* dan diperoleh nilai 73,04% sehingga sudah memenuhi standar mutu kitosan yaitu ≥ 70%. Hasil uji kadar air kitosan diperoleh sebesar 4,82%.



Gambar 1. Spektrum kitosan bahan baku

Hasil analisis kadar logam berat dalam air sumur di lingkungan Jurusan Teknik Kimia UPN "Veteran" Yogyakarta yang digunakan sebagai bahan uji kinerja membran, disajikan pada tabel 1 berikut:

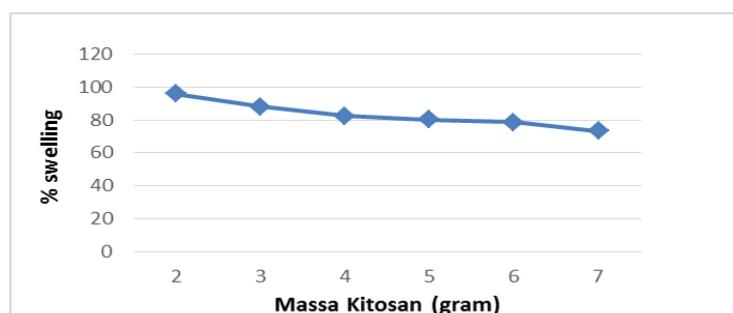
Tabel 1. Komposisi Logam Berat dalam Air Sumur di Lingkungan Teknik Kimia UPN "Veteran" Yogyakarta

No.	Komponen	Air Sumur (ppm)	Baku Mutu Air Gol I (ppm)	Baku Mutu Air Gol II (ppm)
1.	Besi (Fe)	1,289	0,3	1,0
2.	Kadmium (Cd)	< 0,0008	0,01	0,01
3.	Krom Valensi 6 (Cr ⁶⁺)	0,005	0,05	0,05
4.	Mangan (Mn)	0,452	0,1	0,5
5.	Timbal (Pb)	0,0086	0,1	0,1
6.	Seng (Zn)	0,5290	5	5

Tabel 1 menunjukkan kadar logam Fe dalam air sumur melebihi baku mutu air golongan I maupun golongan II yaitu 1,289 ppm. Sedangkan logam yang lain masih dalam kategori aman karena tidak melebihi baku mutu yang ditetapkan oleh pemerintah, oleh karena itu pengamatan ditekankan pada logam Fe.

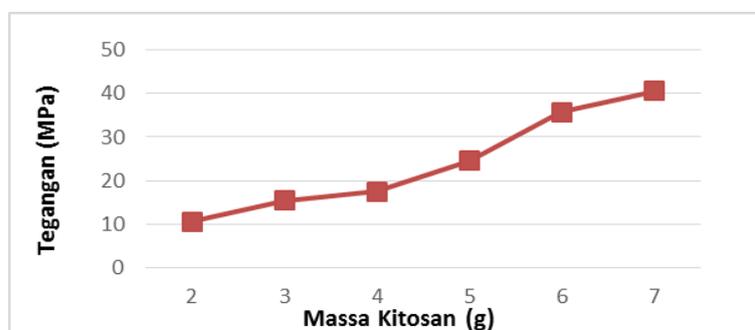
Sifat Mekanik Membran Kitosan

Sifat mekanik membran ditentukan dengan uji *swelling*, uji tegangan dan regangan yang disajikan pada gambar 2, 3, dan 4.



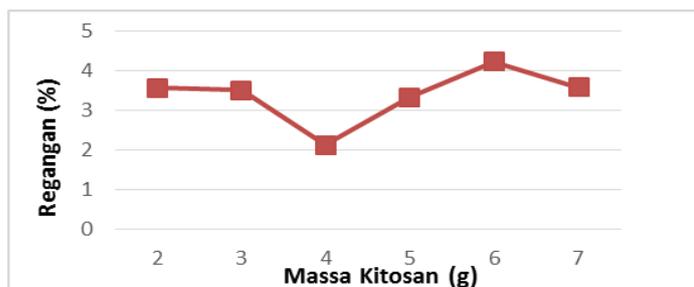
Gambar 2. Pengaruh massa kitosan terhadap hasil uji *swelling*

Tujuan uji *swelling* adalah memperkirakan ukuran zat yang dapat berdifusi masuk ke dalam pori-pori membran, dan mengetahui adanya rongga diantara ikatan polimer sehingga mempengaruhi sifat mekanik dari membran. Massa kitosan berpengaruh terhadap nilai *swelling*, hal tersebut dikarenakan pori-pori membran semakin rapat dengan bertambahnya massa kitosan. Dengan demikian air yang berdifusi ke dalam membran semakin sedikit sehingga menyebabkan kemampuan mengembangnya kecil. Menurut Shofiah dan Dina (2012), semakin kecil rongga di dalam ikatan polimer maka semakin baik sifat mekaniknya. Hasil uji *swelling* relatif baik diperoleh membran dengan massa kitosan 7 g sebesar 73,27%.



Gambar 3. Pengaruh massa kitosan tegangan terhadap

Uji tegangan-regangan mekanik berfungsi untuk mengetahui kekuatan membran terhadap gaya dari luar yang dapat merusak membran. Pengamatan dilakukan pada saat benda uji patah bila diganggu dengan gaya tarik tertentu (Shofiah & Dina, 2012). Gambar 3 menunjukkan bahwa semakin bertambahnya massa kitosan maka tegangan yang dihasilkan juga semakin besar. Hal ini disebabkan jarak antar molekul pada kitosan semakin rapat sehingga membran memiliki kuat tarik yang besar. Nilai tegangan relatif baik sebesar 43,55 MPa dihasilkan oleh membran dengan penggunaan kitosan 7 g.

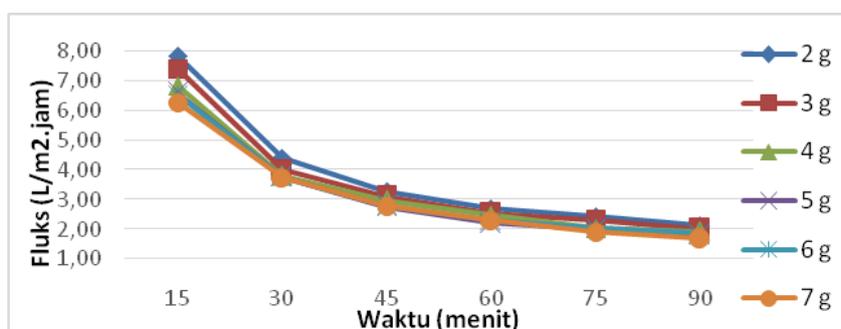


Gambar 4. Hubungan Massa Kitosan terhadap Regangan

Regangan atau elongasi berbanding terbalik dengan kuat tarik. Semakin banyak kitosan yang ditambahkan ke dalam membran, maka elongasi akan menurun namun kuat tarik akan meningkat. Penurunan elastisitas ini disebabkan oleh semakin menurunnya jarak ikatan antar molekulernya, karena telah malampaui titik jenuh. Molekul-molekul membran yang berlebih berada di dalam fase tersendiri di luar fase polimer dan akan menurunkan gaya intermolekul antar rantai, menyebabkan gerakan rantai lebih bebas sehingga fleksibilitas mengalami peningkatan (semakin elastis). Gambar 4 menunjukkan nilai regangan pada berbagai massa kitosan tidak stabil. Hal ini kemungkinan disebabkan pada proses pembuatan membran masih terdapat gelembung-gelembung O_2 pada permukaannya.

Kinerja membran kitosan

Fluks merupakan standar dalam mengevaluasi kinerja membran sebelum dan sesudah digunakan dengan melewati sejumlah volume umpan. Pengukuran nilai fluks pada penelitian ini dilakukan dengan mengalirkan air sumur melalui membran pada selang waktu 15 menit dan tekanan vakum sekitar 15 bar. Hasil yang diperoleh setiap variasi massa kitosan dapat dilihat pada gambar 5.

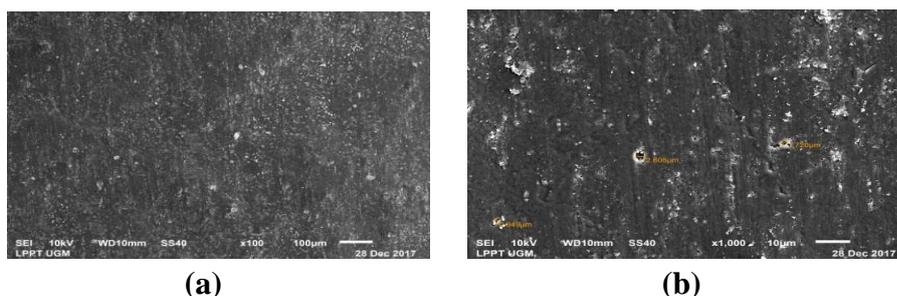


Gambar 5. Hubungan Waktu Kontak terhadap Fluks pada Berbagai Variasi Konsentrasi Kitosan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi kitosan pembentuk membran mempengaruhi karakter membran yang terbentuk. Semakin tinggi konsentrasi kitosan maka membran yang dihasilkan akan semakin padat sehingga fluks membran semakin kecil, seperti terlihat pada gambar 5. Nilai rata-rata fluks yang dihasilkan adalah $3,37 \text{ L/m}^2\cdot\text{jam}$. Menurut Mudler (1996), membran dengan rentang nilai fluks $1,4 - 12 \text{ L/m}^2\cdot\text{jam}$ dan tekanan $5 - 20$ bar termasuk ke dalam jenis membran nanofiltrasi.

Morfologi membran kitosan

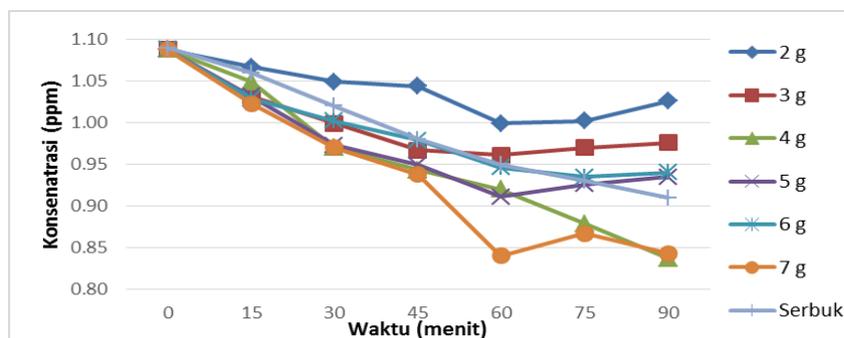
Uji morfologi membran dilakukan dengan menggunakan SEM untuk mengetahui penampang melintang membran. Parameter ini digunakan untuk menentukan ukuran pori membran sehingga dapat ditentukan standar keseragaman struktur membran (Mulder, 1991). Gambar 6a dengan perbesaran 100x, menunjukkan bahwa pori-pori terlihat rata dan halus namun belum dapat terlihat ukurannya. Gambar 6b dengan perbesaran 1000x, menunjukkan pori-pori membran dapat teridentifikasi pada kisaran $0,8-3,0 \mu\text{m}$. Ketebalan membran yang dihasilkan berkisar $0,045-0,138 \text{ mm}$.



Gambar 6. Morfologi permukaan membran kitosan dengan perbesaran 100x (a) dan perbesaran 1000x (b)

Kemampuan daya jerap membran kitosan

Kitosan dapat berfungsi sebagai adsorben karena mempunyai gugus amina dan hidroksil yang terikat, sehingga menyebabkan reaktifitas kimianya tinggi. Gugus amina bertindak sebagai basa Lewis dengan mendonorkan pasangan elektron bebasnya, sehingga proton (H^+) tertarik ke ($-NH_2$) menjadi ($-NH_3^+$). Kemampuan membran kitosan sebagai adsorben ion Fe diperoleh dengan pengukuran adsorbansi menggunakan spektrofotometer pada panjang gelombang 495 nm. Nilai adsorbansi yang diperoleh selanjutnya dikonversi menjadi konsentrasi menggunakan persamaan garis dari kurva kalibrasi standar besi.



Gambar 7. Pengaruh waktu kontak terhadap konsentrasi Fe pada berbagai variasi konsentrasi kitosan

Uji kemampuan daya jerap, dilakukan dengan variasi massa kitosan 2, 3, 4, 5, 6, 7 g dan waktu kontak membran dengan air sumur selama 15, 30, 45, 60, 75, dan 90 menit. Gambar 7 menunjukkan bahwa membran dengan massa kitosan 4 g adalah membran yang relatif baik dalam mengadsorpsi ion Fe. Hal ini disebabkan membran kitosan larut dengan baik dalam 200 mL asam asetat 1% sehingga membran yang dihasilkan homogen dan berpengaruh terhadap pori-pori membran.

Kitosan termodifikasi menjadi membran mempunyai daya jerap yang lebih baik dibandingkan dengan kitosan dalam bentuk serbuk (gambar 7). Membran bersifat *semipermeable* sehingga dapat menahan spesi yang lebih besar atau sebagai media filtrasi. Ion Fe memiliki jari-jari sebesar $0,83 \text{ \AA}$ (Sukardjo, 1992), sedangkan ukuran pori membran kitosan sebesar $0,8-3,0 \mu\text{m}$. Dengan demikian jari-jari ion logam Fe lebih kecil daripada ukuran pori membran, tetapi kemungkinan ion logam akan masuk dan terjepit di dalam membran karena susunan pori membran yang tidak teratur dan *multilayer*. Disamping itu kitosan mempunyai kemampuan dapat menjepit logam karena adanya gugus amino dan hidroksil sehingga pada membran kitosan terjadi peristiwa filtrasi dan adsorpsi maka pemisahan menjadi lebih baik.

Analisis logam berat juga dilakukan terhadap kadar Mn, Zn, Pb, dan Cr^{6+} dalam air sumur menggunakan membran dengan konsentrasi 2 % (b/v). Hasil analisis sebelum dan sesudah perlakuan disajikan dalam tabel 2 berikut:



Tabel 2. Konsentrasi Logam Berat Air Sumur

No.	Komponen	Sebelum Perlakuan (ppm)	Sesudah Perlakuan (ppm)
1	Besi (Fe)	1.289	0.8400
2	Kadmium (Cd)	< 0.0008	-
3	Krom Valensi 6 (Cr ⁶⁺)	0.0050	0.0036
4	Mangan (Mn)	0.4520	0.1960
5	Timbal (Pb)	0.0086	0.0043
6	Seng (Zn)	0.5290	0.3890

Tabel 2 menunjukkan selain terjadi penurunan kadar Fe juga terjadi penurunan kadar logam Mn, Zn, Pb, dan Cr, dan dihasilkan air bersih dengan katagori golongan II untuk keperluan MCK.

Kesimpulan

Membran kitosan dapat mengadsorpsi logam Fe dan logam berat lain yang terkandung dalam air sumur di lingkungan Teknik Kimia UPN "Veteran" Yogyakarta lebih baik daripada kitosan serbuk. Membran dengan karakteristik relatif baik diperoleh pada pembuatan membran dengan konsentrasi kitosan 2% (b/v) dalam larutan asam asetat dan didapatkan nilai rata-rata fluks 3,37 L/m².jam dengan ukuran pori 0,8 – 3,0 µm dan ketebalan membran 0,045 – 0,138 mm sehingga tergolong membran nano filtrasi. Daya jerap relatif baik diperoleh pada waktu adsorpsi 30 menit dengan penurunan kadar air sumur dari 1,298 ppm menjadi 0,970 ppm sehingga termasuk air golongan II.

Daftar Pustaka

- Asni, Nurul., M Arfi Saadilah., dan Djoenaedi Saleh. Optimalisasi Sintesis Kitosan Dari Cangkang Kepiting Sebagai Adsorben Logam Berat Pb (II). *Jurnal Fisika dan Aplikasinya*. 2014; 15 (1): 18 – 24.
- Darjito,dkk. Kajian Adsorpsi Cd Pada Kitosan-Alumina. *Jurnal Chemical*. 2006; 6 (3) 238-244.
- Fitriah, Hayyu.,dkk. PengaruhKonsentrasi Pada Pembuatan Membran Kitosan Terhadap Selektivitas Ion Zn(II) D An Fe(II).*Jurnal of Chemical Science*. 2012; 1 (2): 105-109.
- Khairuni, Mutia., Zul Alfian., dan Harry Agusnar. Studi Penggunaan Kitosan Komposit Cuo Sebagai Adsorben Untuk Menyerap Logam Besi (Fe), Mangan (Mn) Dan Seng (Zn) Pada Airsungai Belawan.*Jurnal Kimia Mulawarman*. 2017; 14 (2): 115-119.
- Kurnia, Mardiyasih. dan Dwi Kartika. Sintetis dan Karakterisasi Fisika-Kimia Kitosan. 2011; 5 (1): 42-48.
- Kusumawati, Nita., dan Septiana Tania. Pembuatan Dan Uji Kemampuan Membran Kitosn Sebagai Membran Ultrafiltrasi Untuk PemisahanZat Warna Rhodamin B.*Jurnal Molekul*. 2012; 7 (1): 45-47.
- Meriatna. Penggunaan Membran Kitosan Untuk Menurunkan Kadar Logam Krom (Cr) dan Nikel (Ni) dalam Limbah Cair Industri Pelapisan Logam. Universitas Sumatera Utara, MT thesis, 2008.
- Mulder, M. 1996. *Basic Principles of Membran Technology*. 2nd ed., Kluwer Academic Publisher: Dordrecht.
- Mulder, M.1991.*Basic Principle of Membran Technology*. Kluwer Akademik Publisher: Nedherland.
- Sasoko, Endar Budi.,dkk. Kajian Kualitas Air Dan Penggunaan Sumur Gali Oleh Masyarakat Di Sekitar Sungai Kaliyasa Kabupaten Cilacap. *Jurnal Ilmu Lingkungan*. 2014; 12 (2): 72-82.
- Sukardjo. 1992. *Kimia Koordinasi*. Jakarta: PT Rineka Cipta.
- Tiara, Andini. Penggunaan Membran Kitosan Untuk Mengadsorpsi Ion Timbal (Pb²⁺) Pada air Pertambangan di Bangka Belitung. Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta, S.Si Skripsi, 2014.
- Wukirsari, Turi, Ahmad Sjahriza., dan Dwi Wahyono. 2009. *Kitosan: Sumber Biomaterial Masa Depan*. Bogor: IPB Press.





Lembar Tanya Jawab

Moderator : **Erlinda Ningsih (Teknik Kimia ITATS Surabaya)**
Notulen : **Briana Bellis Linardy (UPN "Veteran" Yogyakarta)**

1. Penanya : Ardira Larasati (UPN "Veteran" Yogyakarta)
Pertanyaan : Apakah terjadi poikerak?
Jawaban : Selama penelitian tidak terjadi.
2. Penanya : Olivia (UPN "Veteran" Yogyakarta)
Pertanyaan :
 - Kitosan yang dipakai dari mana dan diuji atau tidak?
 - Pengeringan dengan sinar matahari berapa lama dan apa alasan memilih sinar matahari.?Jawaban :
 - Dibeli dari Toko Kimia Chemix. Diuji menggunakan FTIR untuk mengetahui %DD nya. Diperoleh deasetilasinya 73,09% dan sudah tergolong ke dalam kitosan niaga.
 - Sebelumnya menggunakan oven tetapi lebih lama dan malah tercampur dengan yang lain dan pengukuran suhu sulit. Sinar matahari jauh lebih cepat dan hasil lebih baik.
3. Penanya : Erlinda (ITATS Surabaya)
Pertanyaan : Saat pengeringan ada standar kandungan air atau tidak?
Jawaban : Uji kandungan air pada serbuk kitosan tetapi tidak pada membran. Pada waktu 4-5 jam sudah kering.
4. Penanya : Andy Chandra (UNPAR Bandung)
Pertanyaan :
 - Jenis membran yang dibuat berapa ketebalannya?
 - Bagaimana cara casting?Jawaban :
 - Ketebalan 0,014-0,3 mm. Seharusnya membran memiliki ketebalan yang sama dan waktu pemanasan tertentu dan seharusnya memang tidak dioven karena bentuk membran dapat berubah.
 - Cara membuat membrannya masih belum standar.

