



Research Articles

Penyisihan Logam Fe Pada Air Gambut Menggunakan Membran Chitosan Sebagai Adsorben

Removal of Fe From Peat Water Using Chitosan Membrane As Adsorbent

Khadijah Lestari Lubis¹, Shinta Elystia*¹, Dini Aulia Sari Ermal¹, Zultiniar²

¹Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Riau, Indonesia

²Program Studi D3 Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Riau, Indonesia
Kampus Bina Widya Jl. HR. Soebrantas Km 12,5 Simpang Baru, Pekanbaru, 28293

*corresponding author, email: shintaelystia@yahoo.com

Manuscript received: 14-01-2022. Accepted: 06-06-2022

ABSTRAK

Air gambut dari segi kualitas belum dapat dijadikan sebagai sumber air bersih maupun air minum, sehingga perlu dilakukan pengolahan. Salah satu alternatif pengolahan yang dapat digunakan adalah proses adsorpsi dengan sistem kolom menggunakan membran chitosan (kandungan gugus amina yang terdapat pada membran chitosan memiliki kemampuan yang baik dalam penyerapan logam). Penelitian ini bertujuan untuk menyisihkan logam Fe pada air gambut. Variasi yang dilakukan adalah konsentrasi Fe sebesar 2, 3 dan 4 mg/L dan laju alir sebesar 2, 3, 4 dan 5 mL/menit. Hasil penelitian yang diperoleh yaitu efisiensi penyisihan logam Fe terbaik sebesar 92,20% dengan konsentrasi akhir sebesar 0,312 mg/L pada konsentrasi Fe 4 mg/L dan laju alir 2 mL/menit. Hasil penelitian telah memenuhi standar baku mutu yang ditetapkan oleh Permenkes RI Nomor 32 Tahun 2017 tentang Higiene Sanitasi.

Kata kunci: air; gambut; adsorpsi; membran; chitosan; Fe

ABSTRACT

Peat water in terms of quality cannot be used as a source of clean water or drinking water, so it needs to be processed. One alternative treatment that can be used is the adsorption process with a column system using a chitosan membrane (the content of amine groups contained in the chitosan membrane has a good ability to absorb metals). This study aims to remove Fe metal in peat water. Variations carried out were Fe concentrations of 2, 3 and 4 mg/L and flow rates of 2, 3, 4 and 5 mL/minute. The results obtained are the best Fe metal removal efficiency of 92.20% with a final concentration of 0.312 mg/L at an Fe concentration of 4 mg/L and a flow rate of 2 mL/minute. The results of the study have met the quality standards set by the Minister of Health of the Republic of Indonesia Number 32 of 2017 concerning Sanitary Hygiene.

Key words: Peat; water; adsorption; chitosan; membrane; Fe

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara dengan kawasan gambut terluas kedua di dunia. Indonesia memiliki lahan gambut mencapai 22,5 juta hektar (Ha). Kawasan gambut di Indonesia tersebar di berbagai wilayah seperti pulau Sumatera, Kalimantan dan Papua. Provinsi Riau memiliki lahan gambut terluas di Pulau Sumatera yaitu 2,2 juta hektar (Global Wetlands, 2019).

Lahan gambut mempunyai fungsi hidrologis yaitu sebagai tempat penyimpanan air. Lahan gambut mampu menyerap air sampai 13 kali lipat dari bobotnya, sehingga sangat potensial untuk memenuhi kebutuhan air domestik dan pertanian (Aris dkk., 2015). Namun, keadaan alamiah air gambut dari segi kualitas belum dapat dijadikan sebagai sumber air bersih maupun air minum karena tidak memenuhi persyaratan kualitas air bersih yang distandarkan oleh Permenkes RI No. 32 Tahun 2017 tentang Higiene Sanitasi. Air gambut mengandung kadar Fe sebesar 1,306 mg/L (Hasibuan, 2020), memiliki ciri warna coklat tua sampai kehitaman (124-850 PtCo), kadar organik tinggi (138-1560 mg/L KMnO₄) dan bersifat asam (pH 3,7-5,3) (Indra, 2018).

Alternatif yang dapat digunakan dalam proses pengolahan air salah satunya adalah teknologi membran. Membran merupakan suatu media berpori, berbentuk lapisan tipis, bersifat semipermeable yang berfungsi untuk memisahkan partikel dengan ukuran molekuler (spesi) dalam suatu sistem larutan. Teknologi ini mempunyai beberapa keunggulan yaitu proses pemisahan berlangsung pada suhu kamar, sifatnya bervariasi, dapat diatur sesuai kebutuhan dan sebagian besar membran yang diproduksi dapat digunakan kembali, jika membran telah rusak dapat didaur ulang sehingga relatif tidak menghasilkan limbah baru dan tergolong sebagai clean technology (Alawiyah, 2017).

Saat ini penelitian tentang pemanfaatan polimer alam sebagai membran sedang berkembang. Salah satu polimer alam yang dapat digunakan adalah chitosan. Chitosan merupakan senyawa organik turunan dari chitin yang dihasilkan dari limbah laut khususnya golongan udang, kepiting, rajungan, lobster, dan kerang (Cahyono, 2018). Chitosan termodifikasi menjadi membran mempunyai daya serap logam Fe dan logam berat lain yang lebih baik dibandingkan dengan chitosan dalam bentuk serbuk (Sulistiyawati dkk., 2018).

Salah satu metode yang dapat digunakan untuk meningkatkan penguraian air gambut menjadi senyawa yang lebih sederhana adalah metode adsorpsi. Adsorpsi adalah proses penyerapan molekul dari suatu fluida baik dalam bentuk cair maupun gas ke permukaan bahan padat (Atikah, 2017). Metode adsorpsi dapat dilakukan dengan dua cara yaitu batch dan kolom. Adsorpsi dengan sistem kolom lebih baik daripada sistem batch karena dilakukan dengan melewati larutan kontaminan ke dalam kolom yang berisi adsorben dengan laju aliran tertentu sehingga larutan yang ingin disisihkan akan diserap oleh adsorben dan adsorben dapat mengadsorpsi dengan optimal. Salah satu adsorben yang dapat digunakan untuk proses adsorpsi adalah membran chitosan. Membran chitosan adalah membran pengkompleks pertama dari polimer alam dan telah digunakan untuk menarik unsur-unsur logam transisi dalam jumlah renik dari larutan garamnya (Marduansyah, 2017).

Berdasarkan uraian di atas, maka dalam penelitian ini akan dilakukan pemanfaatan membran chitosan sebagai adsorben yang diperoleh dari limbah cangkang kulit udang untuk menurunkan parameter logam Fe pada air gambut dengan menggunakan sistem kolom.

Penelitian ini diharapkan dapat menjadi alternatif dalam mengatasi permasalahan air bersih yang dihadapi oleh masyarakat yang khususnya berdomisili di daerah lahan gambut dan juga dapat memberikan manfaat terhadap nilai ekonomis limbah cangkang kulit udang.

BAHAN DAN METODE

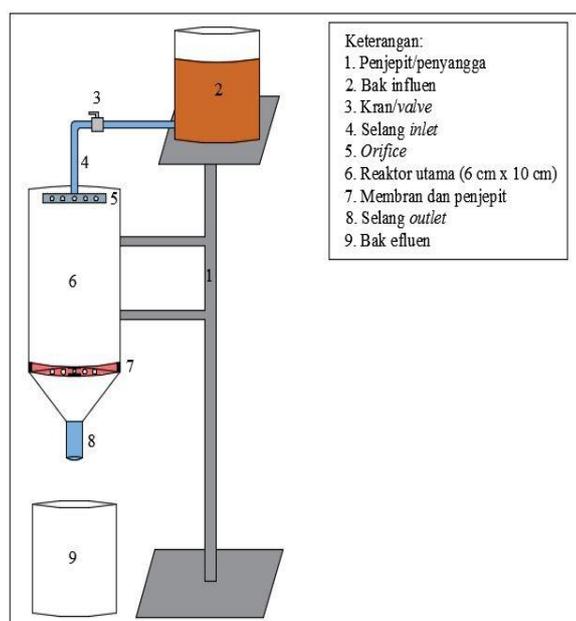
Waktu dan Tempat Percobaan

Penelitian dilaksanakan selama 5 bulan, terhitung dari bulan Mei - September 2019 di Laboratorium Pengendalian Pencemaran Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Riau. Parameter yang dianalisis dalam penelitian ini antara lain jumlah sel mikroalga, *Mixed Liquor Volatile Suspended Solid* (MLVSS), suhu, pH, COD, dan Nitrogen total.

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan adalah air gambut, limbah cangkang kulit udang, air bersih, akuades, HCl 1 N, NaOH 1%, NaOH 3,5%, NaOH 50% dan Asam Asetat 1%.

Alat yang digunakan adalah jerigen, ayakan 200 mesh, lumpang, blender, timbangan analitik, alat gelas, spatula, *magnetic stirrer with hotplate*, pipet tetes, kertas saring *whatman* no. 42, corong, oven, pH meter, cawan petri, *stopwatch*, mikrometer sekrup dan reaktor uji.



Gambar 1. Rangkaian Alat Uji Membran *Chitosan* dengan Menggunakan Metode Kolom Adsorpsi

Pelaksanaan Penelitian

Pembuatan Chitosan

Cangkang kulit udang didapatkan dari rumah makan *seafood* di Kota Pekanbaru. Cangkang kulit udang tersebut dicuci dengan air bersih mengalir untuk membersihkan sisa kotoran dan dibilas dengan akuades. Cangkang kulit udang direbus selama 15 menit lalu dikeringkan menggunakan oven suhu 110-120°C selama kurang lebih 1 jam (Agustina dan Kurniasih, 2013). Cangkang kulit udang ditumbuk hingga ukuran menjadi lebih kecil. Selanjutnya dihaluskan menggunakan blender sehingga menghasilkan serbuk halus. Serbuk

cangkang kulit udang diayak menggunakan ayakan 200 mesh (Hasibuan, 2020).

Tahap Penghilangan Mineral (Demineralisasi)

Serbuk cangkang kulit udang ditambahkan larutan HCl 1 N dengan perbandingan 1:7 (b/v). Cangkang diaduk menggunakan *magnetic stirrer* dengan kecepatan 200 rpm hingga terbentuk busa (± 30 menit). Dipanaskan pada suhu 80-90°C selama 1 jam (Rahayu dan Purnavita, 2007), lalu didinginkan. Setelah dingin, disaring dan padatan dicuci dengan akuades hingga pH netral, kemudian dikeringkan di dalam oven pada suhu 100°C hingga berat konstan. Selanjutnya didinginkan pada suhu kamar dan ditimbang berat akhirnya (Supriyantini dkk., 2018).

Tahap Penghilangan Protein (Deproteinasi)

Produk demineralisasi ditambahkan larutan NaOH 3,5% dengan perbandingan 1:10 (b/v), diaduk menggunakan *magnetic stirrer* dengan kecepatan 200 rpm sambil dipanaskan pada suhu 70-80°C selama 1 jam. Selanjutnya didinginkan pada suhu kamar. Setelah dingin, endapan disaring. Endapan dicuci dengan akuades hingga pH netral, kemudian dikeringkan di dalam oven pada suhu 100°C hingga berat konstan. Selanjutnya didinginkan pada suhu kamar dan ditimbang berat akhirnya.

Tahap Deasetilasi

Endapan *chitin* dari proses deproteinasi dilarutkan dengan NaOH 50% dengan perbandingan 1:15 (b/v). Proses ini dilakukan pada suhu 80-90°C sambil diaduk menggunakan *magnetic stirrer* dengan kecepatan 200 rpm selama 2 jam, lalu didinginkan pada suhu kamar. Endapan disaring kemudian dicuci dengan akuades hingga pH netral, lalu dikeringkan di oven pada suhu 100°C hingga berat konstan. Selanjutnya didinginkan pada suhu kamar dan ditimbang berat akhirnya.

Pembuatan Membran Chitosan

Membran dibuat dengan menambahkan 3 gram *chitosan* ke dalam 100 mL larutan CH₃COOH 1% pada suhu ruang. Bahan yang telah dicampur diaduk dengan stirrer selama 2 jam hingga homogen sehingga diperoleh larutan *chitosan* 3%. Selanjutnya, larutan didiamkan selama ± 24 jam. Larutan kemudian dituangkan ke dalam cawan petri untuk mencetak membran. Membran yang telah dicetak dikeringkan pada suhu kamar. Setelah kering, lapisan membran ditambahkan larutan NaOH 1% dan didiamkan hingga membran terangkat ke permukaan. Kemudian dilakukan pencucian pada membran secara berulang-ulang menggunakan akuades untuk menghilangkan NaOH hingga pH netral (Ma'mun dkk., 2016).

Rancangan Percobaan

Rancangan percobaan yang digunakan pada kegiatan penelitian ini adalah RAK (Rancangan Acak Kelompok) dengan 2 faktor yaitu konsentrasi Fe (2, 3 dan 4 mg/L) dan laju alir (2, 3, 4 dan 5 mL/menit) sehingga terdapat 12 unit percobaan.

Perlakuan dan Analisa Air Gambut

Membran *chitosan* 3% dengan ketebalan 0,24 mm dimasukkan ke dalam kolom. Sebanyak 200 mL sampel air gambut dialirkan ke dalam kolom sesuai dengan perlakuan penelitian. Hasil penyerapan ditampung dalam wadah dan dianalisis menggunakan metode AAS sesuai SNI 6989.4:2009. Efisiensi penyisihan dihitung dengan persamaan berikut.

$$\text{Efisiensi (\%)} = \frac{C_{in} - C_{ef}}{C_{in}} \times 100\%$$

Dimana:

C_{in} : Konsentrasi influen logam (mg/L)

C_{ef} : Konsentrasi efluen logam (mg/L)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Sintesis *Chitosan*

Chitosan yang dihasilkan pada penelitian ini yaitu berbentuk serbuk, tidak berbau dan berwarna putih tulang. Hasil penelitian ini sesuai dengan penelitian Hasibuan (2020) bahwa *chitosan* yang dihasilkan berbentuk serbuk dan berwarna putih tulang. Warna *chitosan* yang dihasilkan pada penelitian disebabkan selama proses demineralisasi dan deproteinasi masih terdapat bahan organik yang belum hilang secara sempurna. Berdasarkan GRAS (2012), *chitosan* berbentuk serbuk, tidak berbau dan berwarna putih.



Gambar 2. Hasil Sintesis *Chitosan* dari Limbah Cangkang Kulit Udang

Hasil Sintesis Membran *Chitosan*

Membran *chitosan* yang dihasilkan pada penelitian ini yaitu berupa lembaran, bersifat transparan dan kaku. Hasil penelitian ini sesuai dengan penelitian Novi dkk., (2016) bahwa membran *chitosan* yang dihasilkan berupa lembaran, halus, memiliki warna yang homogen, bersifat kaku pada keadaan kering dan elastis pada keadaan basah. Menurut Noralia dan Maharani (2013), membran bersifat kaku dikarenakan membran memiliki struktur yang rapat.



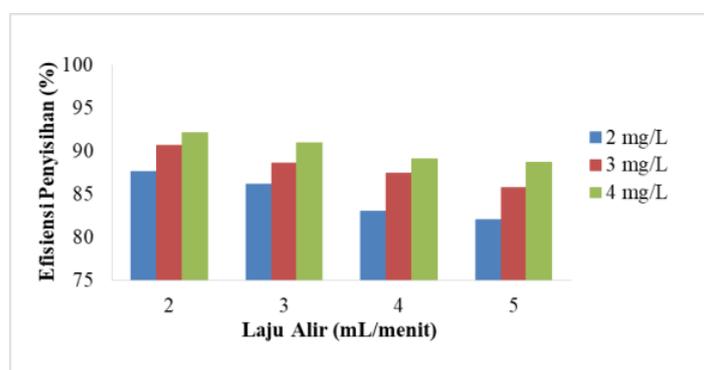
Gambar 3. Hasil Sintesis Membran *Chitosan*

Pengaruh Konsentrasi Fe dan Laju Alir Terhadap Efisiensi Penyisihan Logam Fe pada Air Gambut

Konsentrasi Fe dan laju alir yang berbeda dapat mempengaruhi hasil penyisihan logam Fe yang didapatkan. Hal ini sesuai dengan pernyataan Simatupang (2020) bahwa besarnya nilai adsorpsi dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya adalah konsentrasi awal adsorbat dan laju alir yang digunakan. Pengaruh konsentrasi Fe dan laju alir terhadap efisiensi penyisihan logam Fe pada air gambut masing-masing dijelaskan sebagai berikut.

Pengaruh Konsentrasi Fe Terhadap Efisiensi Penyisihan

Pengaruh konsentrasi Fe terhadap efisiensi penyisihan logam Fe pada air gambut dapat dilihat pada Gambar 4. berikut.



Gambar 4. Pengaruh Konsentrasi Fe Terhadap Efisiensi Penyisihan Logam Fe pada Air Gambut

Berdasarkan Gambar 4, dapat dilihat bahwa konsentrasi Fe mempengaruhi hasil penyisihan yang didapatkan. Efisiensi penyisihan logam Fe terbaik yaitu sebesar 92,20% terdapat pada konsentrasi Fe 4 mg/L. Dimana dengan konsentrasi Fe awal sebesar 4 mg/L menghasilkan konsentrasi akhir sebesar 0,312 mg/L, yang berarti telah terjadi penurunan konsentrasi akhir logam Fe sebesar 3,688 mg/L. Efisiensi penyisihan logam Fe terendah yaitu sebesar 82,10% terdapat pada konsentrasi Fe awal 2 mg/L dengan konsentrasi akhir sebesar 0,358 mg/L, yang berarti penurunan konsentrasi akhir logam Fe hanya mencapai sebesar 1,642 mg/L. Penurunan konsentrasi logam Fe yang terjadi disebabkan oleh adanya proses adsorpsi oleh membran *chitosan*.

Pada konsentrasi Fe 2 mg/L hingga 4 mg/L, efisiensi penyisihan logam Fe mengalami peningkatan. Efisiensi penyisihan logam Fe meningkat seiring dengan semakin tingginya konsentrasi Fe yang digunakan. Hal ini dapat disebabkan oleh semakin tinggi konsentrasi Fe maka akan semakin banyak molekul ion logam Fe yang berinteraksi dengan gugus aktif yang terdapat pada membran *chitosan* sehingga semakin banyak molekul ion logam yang terserap. Hasil ini sesuai dengan penelitian yang telah dilakukan oleh Redjeki dkk., (2011) yang menyisihkan ion logam menggunakan membran *chitosan* dengan variasi konsentrasi, dimana kapasitas penyerapan yang dihasilkan mengalami peningkatan seiring dengan meningkatnya konsentrasi awal ion logam. Hal ini dikarenakan semakin tingginya konsentrasi larutan ion logam, maka akan semakin banyak molekul ion logam yang berinteraksi dengan membran.

Menurut Lestari dan Maharani (2013), semakin tinggi konsentrasi larutan umpan, mengakibatkan benturan antar molekul zat terlarut semakin besar. Semakin banyak benturan molekul zat terlarut, maka akan dapat mengakibatkan peluang molekul zat terlarut untuk lolos melewati membran semakin berkurang atau semakin banyak tertahan pada permukaan membran sehingga akan semakin tinggi penyisihan yang dihasilkan.

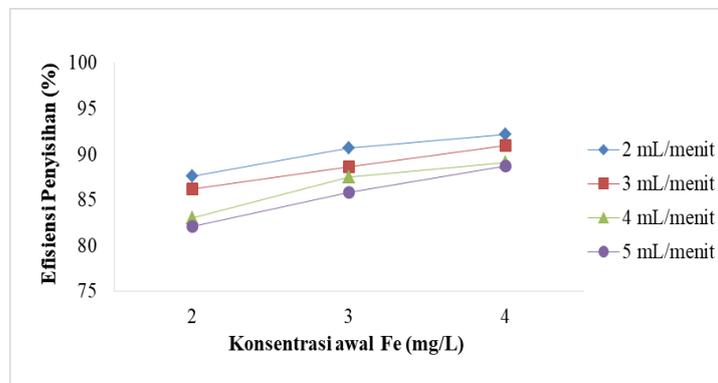
Pada penelitian ini, efisiensi penyisihan logam Fe yang dihasilkan belum mencapai nilai yang optimum. Menurut Simatupang (2020), nilai adsorpsi akan meningkat seiring dengan peningkatan konsentrasi awal dan akan mencapai titik tertinggi pada nilai konsentrasi optimum kemudian nilai adsorpsi akan berkurang seiring dengan peningkatan konsentrasi awal. Konsentrasi awal yang terlalu tinggi dapat menyebabkan terjadinya kondisi jenuh pada lapisan atas dari adsorben sehingga sebagian dari ion logam akan terlewat dan menyebabkan nilai adsorpsi menjadi berkurang. Tetapi pada penelitian ini, membran *chitosan* masih dapat menyerap logam Fe dengan baik atau belum mencapai kondisi yang jenuh.

Membran *chitosan* memiliki kemampuan yang baik dalam penyerapan logam Fe. Hal ini dikarenakan adanya interaksi antara ion logam Fe dengan gugus aktif yang terdapat pada membran *chitosan* yaitu gugus amina ($-NH_2$). Pasangan elektron bebas pada gugus amina primer bersifat nukleofilik sebagai akseptor proton sehingga gugus amina ini dapat terprotonasi. Dengan adanya gugus amina bebas $-NH_2$, membran *chitosan* dapat mengadsorpsi ion logam dengan membentuk senyawa kompleks (khelat). Reaksi pembentukan senyawa kompleks (khelat) merupakan reaksi asam-basa Lewis, dengan asam Lewis adalah penerima elektron, dan basa Lewis adalah penyumbang elektron. Pada pembentukan kompleks *chitosan*-ion logam, ligan $-NH_2$ bertindak sebagai basa Lewis yang menyumbangkan sepasang elektron ke ion logam Fe membentuk ikatan kovalen koordinasi (Redjeki dkk., 2011).

Selain adanya gugus amina, juga terdapat gugus hidroksil ($-OH$) di dalam membran *chitosan*. Gugus amina dan hidroksil yang terikat menyebabkan membran *chitosan* mempunyai reaktifitas kimia yang tinggi dan menyebabkan sifat polielektrolit kation. Akibatnya membran *chitosan* dapat berperan sebagai adsorben terhadap logam berat di dalam air (Ma'mun dkk., 2016).

Pengaruh Laju Alir Terhadap Efisiensi Penyisihan

Pengaruh laju alir terhadap efisiensi penyisihan logam Fe pada air gambut dapat dilihat pada Gambar 5. berikut.



Gambar 5. Pengaruh Laju Alir Terhadap Efisiensi Penyisihan Logam Fe pada Air Gambut

Berdasarkan Gambar 5, dapat dilihat bahwa laju alir mempengaruhi hasil penyisihan logam Fe yang didapatkan. Efisiensi penyisihan logam Fe terbaik sebesar 92,20% terdapat pada laju alir 2 mL/menit. Sedangkan efisiensi penyisihan logam Fe terendah sebesar 82,10% terdapat pada laju alir 5 mL/menit. Pada laju alir 2 mL/menit hingga 5 mL/menit, efisiensi penyisihan logam Fe mengalami penurunan. Efisiensi penyisihan logam Fe menurun seiring dengan semakin tingginya laju alir yang digunakan. Hal ini dikarenakan laju alir yang semakin tinggi menyebabkan semakin berkurangnya waktu kontak antara air gambut dengan membran *chitosan* sehingga hasil efisiensi penyisihan logam Fe yang diperoleh menjadi rendah.

Menurut Simatupang (2020) bahwa pada penentuan laju alir, nilai adsorpsi berhubungan dengan waktu kontak antara larutan adsorbat dengan adsorben. Apabila laju alir semakin besar, maka waktu kontak antara ion logam adsorbat dengan adsorben akan semakin berkurang. Efektivitas adsorpsi dari ion logam akan berkurang seiring dengan berkurangnya waktu kontak karena ion logam yang dapat berdifusi dan terserap oleh adsorben semakin berkurang sehingga adsorpsi yang terjadi menjadi berkurang efektivitasnya.

Menurut Nisya (2021), variasi laju alir pada pengolahan dengan sistem kolom adsorpsi dapat mempengaruhi kemampuan penyerapan logam berat pada permukaan adsorben sehingga laju alir berpengaruh pada hasil outlet yang didapatkan. Semakin kecil laju alir yang digunakan maka semakin besar penyisihan logam berat yang dihasilkan dibandingkan dengan menggunakan laju alir yang lebih besar. Semakin kecil laju alir yang digunakan maka akan semakin banyak logam berat yang terserap. Laju alir yang kecil menyebabkan terjadinya kontak antara logam berat dengan adsorben semakin lama sehingga logam berat yang teradsorpsi semakin banyak. Sedangkan jika laju alirnya semakin besar, maka penyerapan logam berat yang dihasilkan akan semakin rendah dikarenakan waktu kontak antara logam berat dengan adsorben semakin berkurang.

Perbandingan Hasil Pengolahan dengan Baku Mutu

Hasil pengolahan air gambut yang diperoleh setelah proses adsorpsi menggunakan membran *chitosan* dibandingkan dengan Peraturan Menteri Kesehatan RI Nomor 32 Tahun 2017 tentang Higiene Sanitasi, yang dapat dilihat pada Tabel 1. berikut.

Tabel 1. Perbandingan Hasil Pengolahan dengan Baku Mutu

Konsentrasi Awal Fe pada Air Gambut (mg/L)	Laju Alir (mL/menit)	Konsentrasi Akhir Fe (mg/L) ⁽¹⁾	Baku Mutu (mg/L) ⁽²⁾	Keterangan
2	2	0,247	1	Memenuhi
	3	0,276		Memenuhi
	4	0,339		Memenuhi
	5	0,358		Memenuhi
3	2	0,279		Memenuhi
	3	0,341		Memenuhi
	4	0,375		Memenuhi
4	5	0,426		Memenuhi
	2	0,312		Memenuhi
	3	0,361		Memenuhi
	4	0,435		Memenuhi
	5	0,452		Memenuhi

Sumber : ⁽¹⁾ Hasil Uji Laboratorium Fakultas Teknik Universitas Riau, 2021

⁽²⁾ Peraturan Menteri Kesehatan RI Nomor 32 Tahun 2017

Berdasarkan Tabel 1, dapat dilihat bahwa hasil pengolahan air gambut menggunakan membran *chitosan* dengan variasi konsentrasi Fe dan laju alir telah memenuhi standar baku mutu yang ditetapkan oleh Peraturan Menteri Kesehatan RI Nomor 32 Tahun 2017 tentang Higiene Sanitasi. Konsentrasi akhir logam Fe yang diperoleh dari setiap variasi telah berada di bawah standar baku mutu yang ditetapkan yaitu sebesar 1 mg/L. Hal ini membuktikan bahwa adsorben membran *chitosan* dapat digunakan secara efektif dalam menurunkan konsentrasi logam Fe pada air gambut.

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa efisiensi penyisihan logam Fe terbaik yaitu sebesar 92,20% terdapat pada konsentrasi Fe 4 mg/L dan laju alir 2 mL/menit dengan konsentrasi akhir sebesar 0,312 mg/L. Semakin tinggi konsentrasi Fe dan semakin kecil laju alir dapat meningkatkan efisiensi penyisihan logam Fe. Hasil penyisihan logam Fe pada air gambut menggunakan membran *chitosan* telah memenuhi standar baku mutu yang ditetapkan oleh Peraturan Menteri Kesehatan RI Nomor 32 Tahun 2017 tentang Higiene Sanitasi yaitu sebesar 1 mg/L.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustina, S dan Kurniasih, Y. 2013. Pembuatan Chitosan dari Cangkang Udang dan Aplikasinya sebagai Adsorben untuk Menurunkan Kadar Logam Cu. Seminar Nasional FMIPA UNDIKSHA III.
- Alawiyah, R. 2017. Membran Cellulose Nitrat untuk Produksi Etanol Absolut dengan Metoda Pervaporasi (Kajian Pengaruh Temperatur Umpan terhadap Fluks dan Selektivitas Membran). Other Thesis. Politeknik Negeri Sriwijaya.
- Aris., Hasbi. M., Budijono. 2015. The Use of Continious System Processor for Reducing Color and Turbidity Content in The Peat Water. Jurnal Online Mahasiswa FPIK, Vol. 2 No. 1: 1-9.
- Atikah. 2017. Efektifitas Bentonit sebagai Adsorben pada Proses Peningkatan Kadar Bioetanol. Distilasi, Vol. 2 No. 2: 23-32.
- Cahyono, E. 2018. Karakteristik Chitosan dari Limbah Cangkang Udang Windu (*Panaeus monodon*). Jurnal Akuatika Indonesia, Vol. 3 No. 2: 96-102.
- Global Wetlands. 2019. Luas Gambut Indonesia Terbesar Kedua di Dunia.
- GRAS. 2012. Chitoclear® Shrimp-Derived Chitosan: Food Usage Conditions for General Recognition of Safety. Iceland (IL): GRAS.
- Hasibuan, N.A.H. 2020. Pemanfaatan Bionanomaterial Chitosan dari Limbah Cangkang Kulit Udang sebagai Adsorben dalam Pengolahan Air Gambut. Skripsi. Fakultas Teknik Universitas Riau.
- Indra, S. 2018. Perbandingan Hasil Filter Air Lahan Gambut Menggunakan Filter Komersial dan Buatan. Tesis. UIN Sultan Syarif Kasim Riau.
- Lestari, Y.I dan Maharani, D.K. 2013. Filtrasi Ion Logam Fe (III) dengan Membran Komposit Chitosan-Gliserol. UNESA Journal of Chemistry, Vol. 2 No. 1.

- Ma'mun, S., Theresa, M., Alfimona, S. 2016. Penggunaan Membran Chitosan untuk Menurunkan Kadar Logam Krom pada Limbah Industri Penyamakan Kulit. *Teknoin*, Vol. 22 No. 5.
- Marduansyah, M. 2017. Pembuatan Membran Chitosan Polivinil Alkohol sebagai Adsorben untuk Menurunkan Kadar Logam Nikel (Ni) dan Krom (Cr). Skripsi. FMIPA USU. Medan.
- Nisya, R.A. 2021. Kemampuan Adsorpsi dari Kulit Singkong sebagai Bioadsorben terhadap Logam Berat Seng (Zn) dengan Sistem Kontinyu. Tugas Akhir. Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Ampel. Surabaya.
- Noralia, E dan Maharani, D.K. 2013. Filtrasi Ion Logam Cr⁶⁺ dengan Membran Komposit Silika. *Journal of Chemistry*, Vol. 2 No. 1.
- Novi, Y., Zaharah, T.A., Destiarti, L. 2016. Sintesis dan Karakterisasi Membran Komposit Chitosan-Kaolin. *JKK*, Vol. 5 No. 4: 47-56.
- Peraturan Menteri Kesehatan RI Nomor 32 Tahun 2017 tentang Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan dan Persyaratan Kesehatan Air untuk Keperluan Hygiene Sanitasi, Kolam Renang, Solus Per Aqua, dan Pemandian Umum. Jakarta. Depkes.
- Rahayu, L.H dan Purnavita, S. 2007. Optimasi Pembuatan Chitosan dari Chitin Limbah Cangkang Rajungan (*Portunus pelacius*) untuk Adsorben Ion Logam Merkuri. *Jurnal Teknik Kimia*, Vol. 11 No. 1: 45-49.
- Redjeki, T., Nugroho, A., Sari, L.R. 2011. Membran Chitosan Modified Carboxymethyl (CS-MCM) sebagai Adsorben Ion Cu (II). Seminar Nasional VIII Pendidikan Biologi.
- Simatupang, L. 2020. Sintesis dan Karakterisasi Adsorben Komposit Silika-Chitosan Berbasis Abu Vulkanik Gunung Sinabung untuk Adsorpsi Logam Berat Kadmium dengan Metode Ekstraksi Fase Padat (EFP). Disertasi. FMIPA USU. Medan.
- Sulistiyawati, E., Wijaya, N.D., Tantriyani. 2018. Membran Chitosan sebagai Adsorben Logam Besi (Fe) pada Air Sumur di Lingkungan Teknik Kimia UPN "Veteran" Yogyakarta. Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia "Kejuangan". ISSN 1693-4393.
- Supriyantini, E., Yulianto, B., Ridlo, A., Sedjati, S., Nainggolan, A.C. 2018. Pemanfaatan Chitosan dari Limbah Cangkang Rajungan (*Portunus pelagicus*) sebagai Adsorben Logam Timbal (Pb). *Jurnal Kelautan Tropis*, Vol. 21 No. 1: 23-28.