

PENURUNAN TURBIDITY, pH, Kadar Fe MENGGUNAKAN BIOKOAGULAN KITOSAN DARI CANGKANG RAJUNGAN (*PORTUNUS PELAGICUS*)

Lubena, Ferra Naidir*, Boyza Andrian, Andreas Dermawan Sandi
Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri Universitas Jayabaya
Fnaidir.fn@gmail.com

ABSTRAK. Pemanfaatan kitosan dari limbah rajungan merupakan salah satu cara yang dapat digunakan untuk mengurangi dampak pencemaran air, sehingga ketersediaan air bersih bisa meningkat. Kitosan mampu mengikat ion-ion logam berat dengan memanfaatkan gugus hidroksil dan amina. Kitosan tergolong sebagai polimer multifungsi, yang terdiri dari 3 jenis asam amino, gugus hidroksi primer dan sekunder. Untuk memperoleh kitosan dari cangkang rajungan ada 3 tahapan proses, yaitu proses deproteinasi (proses penghilangan kandungan protein), proses demineralisasi (proses penghilangan kandungan mineral) dan proses deasetilasi (proses pembentukan kitin menjadi kitosan). Penelitian ini bertujuan mengisolasi kitosan dari cangkang rajungan (*Portunus Pelagicus*) yang digunakan sebagai biokoagulan untuk penjernihan air. Variabel yang digunakan dalam penelitian meliputi dosis penambahan kitosan sebanyak 1, 2, dan 5 gram dalam 25ml sampel air dengan waktu pengadukan selama 5, 10, dan 15 menit. Analisa dilakukan terhadap pH, tingkat kekeruhan dan kadar Fe. Pada penelitian digunakan koagulan tawas sebagai pembanding. Dari hasil analisa diperoleh derajat kitosan dari cangkang rajungan sebesar 72,64 %, penurunan kadar Fe sebesar 81,13 % didapat pada penambahan 5% kitosan sedangkan pada tawas diperoleh hasil penurunan kadar Fe sebesar 75,53 % . Hal ini membuktikan bahwa kitosan sangat efektif sebagai biokoagulan.

Kata kunci: air bersih, cangkang rajungan, kitosan, tawas

ABSTRACT. Utilization of chitosan from crab waste is one way that can be used to reduce water pollution impact, so that the availability of clean water can increase. Chitosan is able to bind heavy metal ions by utilizing hydroxyl groups and amines. Chitosan is classified as a multifunctional polymer, which consists of 3 types of amino acids, primary and secondary hydroxy groups. This process goes through 3 stages, namely the deproteination process (the process of removing protein content), the demineralization process (the process of removing mineral content) and the process of deacetylation (the process of forming chitin into chitosan). This research aims to isolate chitosan from the crab shell (*Portunus Pelagicus*) which is used as a biocoagulant for water purification. The variables used in the study included 1, 2, and 5 grams of chitosan addition dosages in 25ml water samples with stirring time of 5, 10, and 15 minutes. Analysis was carried out on pH, turbidity and Fe levels. In this research alum was used as a comparison coagulant. From the results of the analysis obtained the degree of chitosan from the crab shell of 72,64%, a decrease in Fe content of 81,13% was obtained in the addition of 5% chitosan while in alum obtained the result of a decrease in Fe content of 75,53%. This proves that chitosan is very effective as a biokoagulan.

Keywords: alum, chitosan, clean water, crab shells

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu negara pengekspor produk olahan hasil perikanan di mana salah satunya adalah hasil olahan dari rajungan (*Portunus pelagicus*). Menurut Asosiasi Pengelola Rajungan Indonesia (APRI, 2012), total produksi rajungan Indonesia mencapai 30.000 ton/tahun, yang sebagian besar untuk kebutuhan ekspor dalam bentuk kemasan kaleng dan menyisakan limbah cangkang rajungan. Adapun jumlah limbah cangkangnya mempunyai berat sekitar 50 % dari berat badannya. Di Indonesia limbah cangkang ini belum dimanfaatkan secara optimum sehingga mengakibatkan bau serta tercemarnya air di sekitar yang berdampak terhadap lingkungan dimana nilai kandungan kadar Fe disekitar pabrik cukup tinggi.

Beberapa penelitian yang terkait ini menyebutkan bahwa cangkang kulit golongan hewan kepiting termasuk didalamnya rajungan mengandung kitin yang dapat dikonversi menjadi kitosan melalui reaksi deasetilasi. Kitosan dihasilkan dari kitin dan mempunyai struktur kimia yang sama dengan kitin, terdiri dari rantai molekul yang panjang dan berat molekul yang tinggi. Perbedaan antara kitin dan kitosan adalah pada setiap cincin molekul kitin terdapat gugus asetil ($-\text{CH}_3-\text{CO}$) pada atom karbon kedua, sedangkan pada kitosan terdapat gugus amina ($-\text{NH}$) (Supriyantini, 2018). Kitosan adalah biopolimer yang mempunyai keunikan yaitu dalam larutan asam, kitosan memiliki karakteristik kation dan bermuatan positif sedangkan dalam larutan alkali, kitosan akan mengendap. Kitin dan kitosan merupakan polimer linier yang bersifat polikationik. Deasetilasi yang terjadi pada kitin hampir tidak pernah selesai sehingga dalam kitosan masih ada gugus asetil yang terikat pada beberapa gugus N. Keberadaan gugus hidroksil dan amino sepanjang rantai polimer mengakibatkan kitosan sangat efektif

mengadsorpsi kation ion logam berat maupun kation dari zat-zat organik (protein dan lemak) (Al-Manhel, A.J., Al-Hilphy, A.R.S., Niamah, A.K., 2018). Kitosan juga dapat membentuk sebuah membran yang berfungsi sebagai adsorben pada waktu terjadinya pengikatan zat-zat organik maupun anorganik. Kitosan mempunyai nama kimia *Poly d-glucosamine (beta (1-4) 2-amino-2-deoxy-Dglucose)* Kitosan dapat diperoleh dengan berbagai macam bentuk morfologi diantaranya struktur yang tidak teratur, bentuknya kristaline atau semikristaline. Selain itu dapat juga berbentuk padatan amorf berwarna putih dengan struktur kristal tetap dari bentuk awal kitin murni. Kelarutan kitosan dalam larutan asam serta viskositas larutannya tergantung dari derajat deasetilasi dan derajat degradasi polimer (Sanjaya, I. & Yuanita, L., 2007 dan Mohadi, R., Nurlisa, H. & Miranda, R., 2009). Kitosan kering tidak mempunyai titik lebur. Bila disimpan dalam jangka waktu yang relative lama pada suhu sekitar 100°C , maka sifat keseluruhannya dan viskositasnya akan berubah. Bila kitosan disimpan lama dalam keadaan terbuka maka akan terjadi dekomposisi warna menjadi kekuningan dan viskositasnya berkurang (Rumengan, I.F.M., Suryanto, E., Modaso, R., Wullur, S., Tallei, T.E. and Limbong, D., 2014). Seperti selulosa dan kitin, kitosan merupakan polimer alamiah yang sangat melimpah keberadaannya di alam. Oleh karena itu, kitosan dapat digunakan sebagai sumber material alami, sebab kitosan sebagai polimer alami mempunyai karakteristik yang baik, seperti dapat terbiodegradasi, tak beracun, dapat mengadsorpsi, sebagai biokogulan dan lain-lain (Kusumawati, N., 2009). Penelitian ini bertujuan untuk menjernihkan air dengan menggunakan biokoagulan yang berasal dari cangkang rajungan. Metode yang digunakan untuk memperoleh biokoagulan yaitu dengan cara mendapatkan derajat deasetilasi kitosan dari isolasi cangkang rajungan.

Variabel yang digunakan pada penelitian ini adalah berat kitosan dan waktu kontak terhadap tingkat kekeruhan serta kadar Fe.

METODOLOGI PENELITIAN

Bahan dan Alat

Bahan-bahan dan alat-alat yang digunakan pada penelitian ini adalah cangkang rajungan, NaOH 50%, CaCO₃, HCl 15% dan aquades. Adapun alat yang digunakan adalah: glassware, oven, lumpang, ayakan dengan ukuran 50 mesh, dan magnetik stirrer.

Metode Penelitian

A. Isolasi kitosan

Isolasi kitosan dari cangkang rajungan, dimulai dengan mencuci limbah cangkang rajungan mentah dengan air berulang kali. Cangkang rajungan dikeringkan dengan oven pada suhu 600^oC selama 2 jam. Cangkang rajungan yang sudah kering kemudian dihaluskan dan diayak dengan ayakan 50 mesh.

Dalam proses pembuatan cangkang rajungan menjadi kitosan dilakukan tiga tahap yaitu deproteinasi, demineralisasi, dan deasetilasi.

1. Deproteinasi :

Proses penghilangan kandungan protein, dimana cangkang rajungan dengan ukuran diameter μm ditambahkan NaOH 3,5% dengan perbandingan 2:1 dari berat hasil yang didapat, kemudian dipanaskan pada suhu 70^oC selama 2 jam. Terhadap larutan yang telah dipanaskan dilakukan pencucian sampai didapatkan pH residu netral, lalu disaring.

2. Demineralisasi

Proses penghilangan mineral utama yang terdapat pada cangkang rajungan seperti kalsium karbonat (CaCO₃) dimana padatan kemudian ditambahkan HCl 15% dengan perbandingan 2:1 dari berat hasil yang didapat, dilakukan pengadukan dengan magnetik stirrer selama 1 jam, kemudian dicuci hingga pH residu netral, kemudian disaring lalu dipanaskan dalam oven sampai kering pada temperatur 80^oC.

3. Deasetilasi

Proses pengubahan khitin menjadi kitosan, dimana padatan yang telah kering kemudian ditambah NaOH 50%, dengan perbandingan 2:1 dari berat hasil yang didapat, lalu dipanaskan pada temperatur 100^oC selama 2 jam. Larutan yang telah dipanaskan dilakukan pencucian sampai didapatkan pH residu netral, lalu disaring, kemudian dimasukkan kedalam oven pada temperatur 60^oC selama 2 jam (Rochima, E., 2014)

B. Proses Absorpsi

Proses ini diawali dengan menyiapkan 2 buah sampel air rawa sebanyak 25 ml, menambahkan kitosan ke dalam sampel air rawa sebanyak 1, 2, dan 3 gram. Kemudian mengaduknya selama 10, 15, dan 20 menit dan mendinginkan selama 24 jam. Kemudian larutan disentrifugasi. Hasil sentrifugasi dianalisa dengan menggunakan AAS untuk mengetahui kadar logam.

Metoda Analisa

Metode analisa yang digunakan terhadap kitosan dari cangkang rajungan selain menggunakan AAS untuk mengetahui kadar logam, juga melakukan perhitungan derajat deasetilasi, penentuan efisiensi penyerapan, isolasi khitin, deproteinasi khitin dan demineralisasi khitin. Masing-masing analisa yang digunakan seperti yang diuraikan dibawah ini;

1. Perhitungan Derajat Deasetilasi

Derajat Deasetilasi kitosan ditentukan dengan metode *base line* berdasarkan spektrum FT-IR, dengan rumus :

$$DD = 100 - \left[\left(\frac{A_{1655}}{A_{3450}} \right) \times \frac{100}{1,33} \right] \quad (1)$$

A1655 menunjukkan serapan pada pita amida, A3450 menunjukkan serapan pada pita hidroksil, dan faktor 1,33 menunjukkan nilai rasio A1655 / A3450 untuk derajat maksimum deasetilasi kitosan (Rochima, E., 2014 dan Risfidian, M., Christina, K., Nova, Y. & Nurlisa, H., 2014). Khitin sebanyak 19,71g di deasetilasi dengan NaOH 50% selama 2 jam pada suhu 100°C, diperoleh kitosan sebanyak 11,45g, rendemen kitosan 58,10% dengan derajat deasetilasi (DD) 72,64%. Suatu molekul dikatakan khitin bila mempunyai derajat deasetilasi (DD) sampai 10% dan kandungan nitrogennya kurang dari 7% dan dikatakan kitosan bila nitrogen yang terkandung pada molekulnya lebih besar dari 7% berat dan derajat deasetilasi (DD) lebih dari 70% (Rohman, Cheman, Y. B., Ismail, A. and Puziah, H., 2011).

2. Penentuan Efisiensi Penyerapan

Efisiensi penyerapan ditentukan dengan membandingkan konsentrasi logam sesudah penyerapan dengan konsentrasi logam awal, dengan rumus sebagai berikut :

$$Eff = \frac{C_0}{C_1} \times 100 \% \quad (2)$$

Keterangan :

Eff : Efisiensi Penyerapan
C0 : Konsentrasi logam mula-mula
C1 : Konsentrasi logam setelah penyerapan

3. Isolasi khitin dari cangkang rajungan.

Perhitungan rendemen khitin dari cangkang rajungan untuk sampel 50g sampel setelah melewati tahap

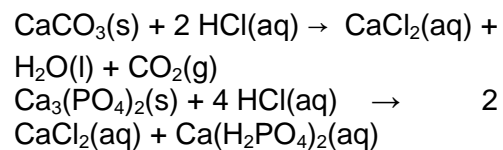
deproteinasi dan demineralisasi diperoleh khitin sebanyak 19,71g yang setara dengan 39,42%.

4. Deproteinasi Khitin

Deproteinasi dilakukan dengan menggunakan basa kuat NaOH 3,5% pada suhu 70°C selama 2 jam. Mampu mendegradasi protein rajungan dengan baik. Ketika filtrat diuji dengan pereaksi biuret berubah warna jadi biru artinya protein telah terekstraksi ke dalam filtrat (Sari Sukma, Sri Eva Lusiana, Masruri dan Suratmo, 2014).

5. Demineralisasi Khitin

Penambahan HCl saat demineralisasi dimaksudkan untuk melarutkan mineral yang terkandung dalam khitin seperti kalsium karbonat (CaCO₃) dan kalsium fosfat (Ca₃(PO₄)₂). Dengan reaksi sebagai berikut :



Khitin hasil isolasi diuji dengan pereaksi warna Van Wesslink, menggunakan pereaksi I₂-KI memberikan warna coklat, lalu ditambahkan H₂SO₄ berubah menjadi violet menunjukkan positif khitin (Khan, T.A., Peh, K.K. & Ching, H.S., 2002 & Rahayu, L. H. dan Purnavita, S., 2004).

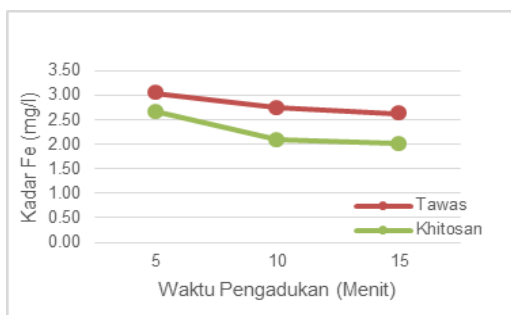
HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Tabel 1. menampilkan hasil analisis secara kimia untuk bahan dasar cangkang dan khitin rajungan. Hasil analisis ini dilakukan sebagai analisis awal terhadap bahan dasar yang akan diteliti.

Tabel 1. Hasil analisis kimia bahan dasar cangkang dan khitin rajungan

Parameter	Cangkang (%)	Khitin (%)
Kadar protein	29,91	4,67
Nitrogen	4,80	0,75
Kadar abu	44,03	1,64
Kadar air	0,45	0,29
DD (derajat deasetilasi)	-	9,25

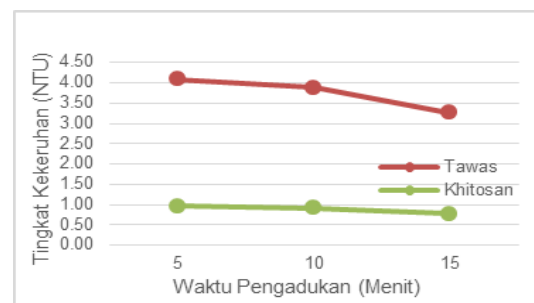
Dari Tabel 1 dapat dilihat persentase kadar protein, nitrogen, kadar abu dan kadar air pada khitin lebih kecil dibandingkan dengan yang terdapat pada cangkang. Akan tetapi pada khitin terdapat nilai derajat deasetilasi sebesar 9,25 % yang tidak terdapat pada cangkang rajungan, di mana, derajat deasetilasi merupakan suatu parameter mutu kitosan yang menunjukkan persentase gugus asetil yang dapat dihilangkan dari rendemen kitin maupun kitosan. Semakin tinggi derajat deasetilasi kitosan, maka semakin rendah gugus asetil kitosan, sehingga interaksi antar ion dan ikatan hidrogennya akan semakin kuat (Knoor, 1982). Pelepasan gugus asetil dari kitosan menyebabkan kitosan bermuatan positif yang mampu mengikat senyawa bermuatan negatif seperti protein, anion polisakarida membentuk ion netral (Suhartono, 1989).



Gambar 1. Pengaruh waktu pengadukan terhadap kadar Fe

Gambar 1 menunjukkan bahwa semakin lama waktu pengadukan maka kadar Fe yang terdapat dalam air sampel semakin menurun. Saat waktu pengadukan 5 menit, air sampel yang diberi kitosan mengandung kadar Fe

sebesar 2,67mg/l, kadar Fe pada sampel menurun menjadi 2,10mg/l pada waktu pengadukan 10 menit dan kadar Fe menjadi 2,01mg/l pada waktu pengadukan 15 menit. Hasil sama juga diperoleh oleh air sampel yang diberi tawas, Saat waktu pengadukan 5 menit, air sampel yang diberi tawas mengandung kadar Fe sebesar 3,05mg/l, kadar Fe pada sampel menurun menjadi 2,75mg/l pada waktu pengadukan 10 menit dan kadar Fe menjadi 2,63mg/l pada waktu pengadukan 15 menit. Faktor-faktor yang mempengaruhi koagulasi adalah lamanya pengadukan, dosis koagulan yang dipakai, temperatur proses, pH dan pengaruh faktor fisik lainnya. Faktor-faktor tersebut sangat mempengaruhi efektivitas zat yang dipakai sebagai koagulan (Teguh, P. dan Joko, P. S., 2011). Pada penelitian ini, semakin lama waktu pengadukan maka kadar Fe makin turun, Karena makin banyaknya kadar Fe yang terserap oleh kitosan. Penyerapan kitosan terhadap kadar Fe lebih sempurna dibandingkan dengan penyerapan tawas. Hal ini terbukti dengan nilai penurunan kadar Fe , dengan lama pengadukan 15 menit kadar Fe yang diberi kitosan sebesar 2,01mg/l, sedangkan yg diberi tawas kadar Fe sebesar 2,63mg/l (Yuliusman dan Adelina, P.W., 2010).

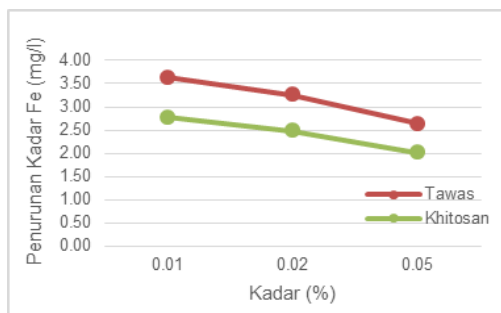


Gambar 2. Pengaruh waktu pengadukan terhadap tingkat kekeruhan

Gambar 2 menunjukkan bahwa dengan lamanya waktu pengadukan akan mengakibatkan tingkat kekeruhan

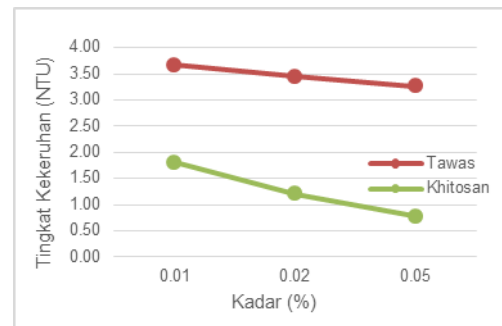
yang terdapat dalam air sampel semakin menurun. Saat waktu pengadukan 5 menit, air yang diberi kitosan memperoleh tingkat kekeruhan sampel sebesar 0,97NTU. Tingkat kekeruhan pada sampel menurun menjadi 0,92NTU pada waktu pengadukan 10 menit dan tingkat kekeruhan menjadi 0,78 NTU pada waktu pengadukan 15 menit. Pada penggunaan tawas terhadap air sampel, saat waktu pengadukan 5 menit, air sampel yang diberi tawas memperoleh hasil nilai tingkat kekeruhan sebesar 4,08NTU, tingkat kekeruhan pada sampel menurun menjadi 3,88NTU pada waktu pengadukan 10 menit dan tingkat kekeruhan menjadi 3,26NTU pada waktu pengadukan 15 menit. Lama waktu pengadukan menyebabkan kontak antara koagulan dan padatan tersuspensi semakin baik, sehingga proses penyerapan kekeruhan lebih sempurna (Darjito, D., Purwonugroho, D., and Ningsih, R., 2014). Dengan menggunakan biokoagulan kitosan pada lama waktu pengadukan 15 menit hasilnya lebih baik dibandingkan dengan menggunakan tawas, yaitu pada biokoagulan kitosan sebesar 0,78NTU sedangkan pada tawas 3,26NTU.

penggunaan kitosan 0,02 % kadar Fe pada sampel menurun menjadi 2,48mg/l dan pada penggunaan kitosan 0,05 % kadar Fe menjadi 2,01mg/l. Pada air sampel yang diberi tawas, dengan penambahan tawas 0,01 % diperoleh kadar Fe sebesar 3,63mg/l; pada penggunaan tawas 0,02 % kadar Fe pada sampel menurun menjadi 3,25mg/l dan pada penggunaan tawas 0,05 % kadar Fe menjadi 2,63mg/l. Semakin besar penambahan koagulan maka penyerapan semakin baik. Pada penggunaan biokoagulan kitosan 0,05 % diperoleh hasil yang lebih bagus yaitu sebesar 2,01mg/l sedangkan pada penggunaan tawas sebesar 2,63mg/l terbukti bahwa penggunaan biokoagulan kitosan lebih sempurna.



Gambar 3. Pengaruh kadar koagulan terhadap kadar Fe

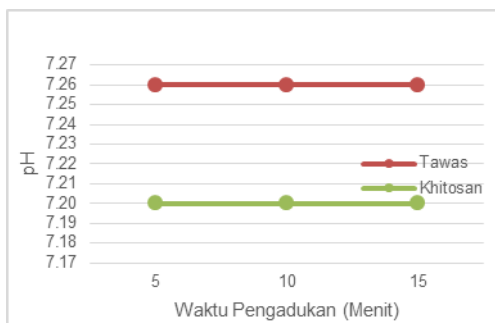
Dari Gambar 3 diatas menunjukan bahwa semakin tinggi kadar koagulan maka kadar Fe yang terdapat dalam air sampel semakin menurun. Pada penggunaan kitosan 0,01 % diperoleh kadar Fe sebesar 2,77mg/l; pada



Gambar 4. Pengaruh kadar koagulan terhadap tingkat kekeruhan

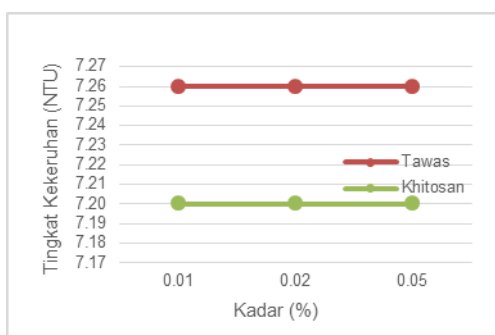
Gambar 4 menunjukan bahwa semakin tinggi kadar koagulan maka tingkat kekeruhan yang terdapat dalam air sampel semakin menurun. Saat waktu pengadukan 5 menit, air sampel yang diberi kitosan memperoleh hasil nilai tingkat kekeruhan sebesar 1,80NTU tingkat kekeruhan pada sampel menurun menjadi 1,20NTU pada waktu pengadukan 10 menit dan tingkat kekeruhan menjadi 0,78NTU pada waktu pengadukan 15 menit. Hasil sama juga diperoleh oleh air sampel yang diberi tawas. Saat waktu pengadukan 5 menit, air sampel yang diberi tawas memperoleh hasil nilai tingkat kekeruhan sebesar 3,67NTU, tingkat kekeruhan pada sampel

menurun menjadi 3,45NTU pada waktu pengadukan 10 menit dan tingkat kekeruhan menjadi 3,26NTU pada waktu pengadukan 15 menit. Pengaruh koagulan pada tingkat kekeruhan dengan penambahan makin besar menunjukkan hasil yang baik (M. Manurung, 2011). Dengan menggunakan biokoagulan kitosan diperoleh hasil 0,78NTU sedangkan pada penggunaan tawas sebesar 3,26NTU terbukti bahwa penggunaan biokoagulan kitosan lebih sempurna. Dengan pertimbangan hal-hal tersebut, maka alternatif penggunaan koagulan kitosan dipandang sebagai alternative yang cukup menggembirakan karena sifatnya yang ramah terhadap lingkungan.



Gambar 5. Pengaruh waktu pengadukan terhadap nilai pH

Gambar 5 menunjukkan bahwa pengaruh waktu pengadukan terhadap pH tidak signifikan. Lamanya waktu pengadukan tidak berpengaruh terhadap pH. Dengan menggunakan biokoagulan kitosan diperoleh pH sebesar 7,20; sedangkan pada tawas diperoleh pH sebesar 7,26.



Gambar 6. Pengaruh koagulan terhadap nilai pH

Penambahan kadar % koagulan tidak berpengaruh terhadap pH, dengan menggunakan biokoagulan kitosan diperoleh pH sebesar 7,20; sedangkan pada tawas diperoleh pH sebesar 7,26. Nilai ini ditunjukkan pada Gambar 6.

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian “ Penurunan turbidity, pH, kadar Fe menggunakan biokoagulan kitosan dari cangkang rajungan (*Portunus Pelagicus*) dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Derajat asetilasi kitosan dari cangkang rajungan sebesar 72,64%.
2. Kadar penurunan Fe tertinggi didapat pada waktu pengadukan 15 menit, dengan penambahan 5% kitosan pada air sampel di mana kadar Fe dari 10,67mg/l menjadi 2,01mg/l dengan % penurunan kadar Fe sebesar 81,13 %
3. Penurunan kekeruhan tertinggi didapat pada waktu pengadukan 15 menit, dengan penambahan 5% kitosan pada air sampel dimana penurunan kekeruhan dari 8,91NTU menjadi 0,78NTU dengan % penurunan kekeruhan sebesar 91,29 %.
4. Penurunan kadar Fe dengan penggunaan biokoagulan kitosan dari cangkang ranjungan memperoleh hasil yang lebih baik dibandingkan tawas. Pada waktu pengadukan 15 menit dan penambahan 5%, penambahan tawas menghasilkan penurunan kadar Fe 75,33 % dan pada penambahan biokoagulan kitosan diperoleh hasil lebih baik dengan nilai penurunan kadar Fe sebesar 81,13 %.
5. Penurunan kekeruhan pada penambahan biokoagulan kitosan memperoleh hasil yang lebih baik

dibandingkan tawas. Pada waktu pengadukan 15 menit dan penambahan 5%, tawas kekeruhan menurun dari 8,91NTU menjadi 3,26NTU dengan % penurunan sebesar 63,37, sedangkan pada penggunaan biokoagulan kitosan kekeruhan menurun dari 8,91NTU menjadi 0,78NTU dengan % penurunan kekeruhan sebesar 91,29 %

- Penggunaan biokoagulan kitosan dari cangkang rajungan sangat efektif sebagai koagulan, terbukti dengan penurunan kadar Fe dan turbidity yang signifikan. Sementara itu penambahan % koagulan tidak berpengaruh terhadap Nilai pH.

DAFTAR PUSTAKA

- Asosiasi Pengelolaan Rajungan Indonesia. (2012). Ekspor Rajungan Ketiga Terbesar Setelah Udang & Tuna. Kementerian Perdagangan Republik Indonesia.
- Al-Manhel, A.J., Al-Hilphy, A.R.S., Niamah, A.K. (2018). Extraction of Chitosan, Characterisation and Its Use for Water Purification. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*. 17(2): 186-190.
- Darjito, D., Purwonugroho, D., and Ningsih, R., (2014). The Adsorption of Cr (VI) Using Chitosan-Alumina Adsorbent. *The Journal of Pure and Applied Chemistry Research*, 3 (2): 53-61.
- Khan, T.A., Peh, K.K. and Ching, H.S. (2002). Reporting Degree of Deacetylation Values of Chitosan. *Journal Pharm. Pharmaceut Sci*. Vol. 5(3): 205- 212.
- Knor, D. (1982). Function Properties of Chitin and Chitosan. *Jurnal Food Science*. 7(36).
- Kusumawati, N. (2009). Pemanfaatan Limbah Kulit Udang Sebagai Bahan Baku Pembuatan Membran Ultrafiltrasi. *Inotek*. 13(2): 113-120.
- M.Manurung.(2011). Potensi Khitin/Kitosan dari Kulit Udang sebagai Biokoagulan Penjernih Air. *Jurnal Kimia*, 5 (2): 182-188.
- Mohadi, R., Nurlisa, H. dan Miranda, R. (2009). Synthesis and Characterization of Composite Fe-chitosan and Its Application for Wastewater Treatment. *Proceeding of 1st Seminar Nasional FMIPA UNSRI 2014 International Conference on Advances in Wastewater Treatment and Reuse*, Tehran. Iran.
- Rahayu, L. H. dan Purnavita, S. (2004). Optimasi Proses Deproteinasi dan Demineralisasi pada Isolasi Kitin dari Limbah Cangkang Rajungan (*Portunus pelagicus*)", *Prosiding: Teori Aplikasi Teknologi Kelautan*, ITS Surabaya, hal. III.8 –III.11.
- Risfidian, M., Christina, K., Nova, Y. dan Nurlisa, H. (2014). Karakterisasi Kitosan dari Cangkang Rajungan dan Tulang Cumi dengan Spektrofotometer FT-IR Serta Penentuan Derajat Deasetilasi Dengan Metode Baseline" *Prosiding Seminar Nasional FMIPA UNSRI 2014*.
- Rochima, E. (2014). Study of Utilization of Crabs Processing Wastes and Its Application for Chitosan Based Healthy Drink. *Jurnal Akuatika*. 5(1): 71-82.
- Rohman, Cheman, Y. B., Ismail, A. and Puziah, H. (2011). FTIR Spectroscopy Combined with Chemometrics for Analysis of Cod Liver Oil in Binary Mixture with Corn Oil. *International Food Research Journal*. 18 : 736-740.
- Rumengan, I.F.M., Suryanto, E., Modaso, R., Wullur, S., Tallei, T.E. and Limbong, D. (2014). Structural Characteristics of Chitin and Chitosan Isolated from the Biomass of Cultivated Rotifer, *Brachionus rotundiformis*. *International Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 3(1):12-18.
- Sanjaya, I. dan Yuanita, L. (2007). Adsorpsi Pb (II) oleh Kitosan Hasil

- Isolasi Kitin Cangkang Kepiting Bakau (*Scylla* sp.) Jurnal Ilmu Dasar. 8 (1): 30-36.
- Sari Sukma, Sri Eva Lusiana, Masruri dan Suratmo. (2014). Kitosan dari Rajungan Lokal *Portunus Pelagicus* asal Probolinggo. Journal Ilmu Kimia Universitas Brawijaya 2(2): 506-512.
- Suhartono, M.T. (1989). Enzim dan Bioteknologi. Bogor.
- Supriyantini, E., B. Yulianto, A Ridlo, S Sedjati, A.C. Nainggolan. (2018). Pemanfaatan Chitosan Dari Limbah Cangkang Rajungan (*Portunus pelagicus*) sebagai Adsorben Logam Timbal (Pb). Jurnal Kelautan Tropis. 21 (1): 23-28.
- Teguh, P. dan Joko, P. S. (2011). Kitosan Sebagai Bahan Koagulan Limbah Cair Industri Tekstil. Jurnal Teknologi Lingkungan, Volume 1 (2) : 121-125.
- Tolaimate, A., Desbrieres, I., Rhazi, M. and Alagui, A. (2003). Contribution to the Preparation of Kitin and Kitosans with Controlled Physico-Chemical Properties, Polimer, Science Direct, Elsevier; 44: 7939 - 7952.
- Yuliusman dan Adelina, P.W. (2010). Pemanfaatan Kitosan dari Cangkang Rajungan pada Proses Adsorpsi Logam Nikel dari Larutan NiSO₄, Prosiding Seminar Rekayasa Kimia dan Proses 2010, ISSN : 1411-4216.

