

PEMBUATAN KITOSAN DARI LIMBAH KULIT UDANG DAN PEMANFAATANNYA SEBAGAI KOAGULAN ALAMI PADA PENJERNIHAN AIR

PRODUCTION OF CHITOSAN FROM SHRIMP SHELL WASTE AND ITS UTILIZATION AS A NATURAL COAGULANT FOR WATER PURIFICATION

Feerzet Achmad^{1*}, Mutiara Fajar², Irene Seventina Lubis², Suhartono³, Suharto⁴

¹Teknik Kimia, Institut Teknologi Sumatera, Lampung 35365, Indonesia

²Teknik Lingkungan, Institut Teknologi Sumatera, Lampung 35365, Indonesia

³Teknik Kimia, Universitas Jenderal Achmad Yani, Cimahi 40533, Indonesia

⁴BRIN Tanjung Bintang, Lampung 35361, Indonesia

Diterima: 17 September 2021 Direvisi: 18 Oktober 2021 Disetujui: 12 November 2021

ABSTRAK

Limbah kulit udang menjadi sampah yang pemanfaatannya kurang maksimal jika tidak diolah dengan baik. Kandungan kitin yang tinggi pada kulit udang bisa diolah menjadi kitosan dengan proses deasetilasi. Kitosan adalah senyawa turunan dari kitin yang bisa dijadikan sebagai koagulan dalam proses penjernihan air. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis pengaruh variasi dosis koagulan kitosan dalam menjernihkan air. Parameter percobaan ini adalah kekeruhan dan TSS. Percobaan ini menggunakan kitosan dari kulit udang sebagai koagulan alami dan hasil pengujiannya akan dibandingkan dengan koagulan sintetik PAC. Sampel air yang digunakan pada percobaan ini diambil dari Sungai Belawan, Medan, Sumatera Utara. Air baku ini memiliki kekeruhan 70,7 NTU dan *total suspended solid* 60,0 mg/L. Variasi dosis yang digunakan adalah 1, 2, 3, 4, 5, dan 6 ppm. Berdasarkan uji FTIR, nilai derajat deasetilasi kitosan 1 (hasil penelitian) mirip dengan kitosan 2 (komersial). Kitosan 1 memiliki derajat deasetilasi 82,69% dan kitosan 2 memiliki derajat asetilasi 83,43%. Persen penurunan kekeruhan tertinggi yaitu kitosan 1 pada dosis 1 ppm dengan penurunan mencapai 92% dan kekeruhan sebesar 4,08 NTU. Kitosan 2 dapat menurunkan kekeruhan hingga 3,72 NTU dengan penurunan 94%. Sedangkan PAC dapat menurunkan kekeruhan sampai dengan 16,3 NTU dengan persen penurunan 78%, pada dosis 6 ppm.

Kata kunci: kulit udang, kitosan, koagulan, derajat deasetilasi, *jar test*.

ABSTRACT

Shrimp shells become waste whose utilization is not optimal if not processed properly. Shrimp shell contains 25-40% protein, 45-50% calcium carbonate, and 15-20% chitin. The high chitin content in shrimp shells can be processed into chitosan by deacylation process. Chitosan is a derivative of chitin which can be used as a coagulant in the water purification process. The purpose of this study was to analyze the effect of variations in the concentration of chitosan coagulant in water purification. The parameters of this experiment are turbidity and TSS. This experiment uses chitosan from shrimp shells as a natural coagulant and the test results will be compared with synthetic coagulant PAC. The water samples used in this experiment were taken from the Belawan River, Medan, North Sumatra. The raw water had a turbidity of 70.7 NTU and the total suspended solid of 60 mg/L. Based on the FTIR analysis, the value of the deacetylation degree of chitosan 1 (this research) is more or less the same as that of chitosan 2 (commercial product). Chitosan 1 has a degree of deacetylation of 82.69% and chitosan 2 has a degree of deacetylation of 83.43%. The decrease in turbidity in water treatment using chitosan 1 at a concentration of 1 ppm was 92% with the final turbidity of 4.08 NTU. Using chitosan 2, the decrease in turbidity was down to 3.72 NTU or a decrease of 94%. The use PAC reduced turbidity to 16.3 NTU or percentage of 78%, at a dosage of 6 ppm.

Keywords: *shrimp shell, chitosan, coagulants, degree of deacetylation, jar test.*

*Corresponding author :

Email: feerzet.achmad@tk.itera.ac.id

DOI: <http://dx.doi.org/10.37209/jtbbt.v11i2.282>

PENDAHULUAN

Koagulan yang sering digunakan dalam berbagai industri penjernihan air atau limbah cair antara lain adalah alum/tawas ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$), Sodium Aluminat (NaAlO_2), dan *Poly Aluminum Chloride* ($\text{Al}_2(\text{OH})_6\text{Cl}_n \cdot x\text{H}_2\text{O}$, PAC) [1]. Sebagai contoh PDAM (Perusahaan Daerah Air Minum) Tirtanadi Sunggal, Medan, Sumatera Utara menggunakan PAC.

Dalam penggunaannya sebagai penjernih air minum, koagulan dari bahan kimia memiliki dampak negatif bagi lingkungan, salah satunya adalah timbulnya limbah lumpur yang sulit untuk terdegradasi, dan juga dapat menimbulkan berbagai macam gangguan kesehatan. Beberapa studi melaporkan bahwa senyawa alum dapat memicu penyakit *Alzheimer* dan juga memiliki sifat *neurotoksisitas* [2]. Karena itu, diperlukan suatu koagulan ramah lingkungan dan tidak berdampak negatif bagi kesehatan. Salah satunya adalah koagulan dari bahan alami. Koagulan alami ini mengandung polimer organik atau biasa disebut biopolimer yang diproduksi dari bagian hewan, jaringan tanaman atau mikroorganisme.

Kulit udang, limbah yang pemanfaatannya kurang, mengandung kira-kira: 25-40 % protein, 45-50 % kalsium karbonat, dan 15-20% kitin. Kandungan kitin dalam kulit udang ini dapat diubah menjadi kitosan dengan proses deasetilasi. Selanjutnya kitosan dapat dijadikan koagulan alami penjernih air pengganti koagulan sintetik. Kitosan sebagai koagulan alternatif memiliki beberapa keunggulan, misalnya tidak beracun, dan mudah terdegradasi. Dengan demikian produksi kitosan dari kulit udang juga dapat meningkatkan nilai ekonomis limbah ini [3].

Penelitian ini ditujukan untuk membuat kitosan dari kulit udang, kemudian hasilnya digunakan untuk penjernihan air baku. Pada penjernihan air baku, dilakukan analisis pengaruh dosis koagulan alami kitosan dari limbah kulit udang *vename* terhadap hasil penjernihan yang dinyatakan dalam parameter *kekeruhan* dan *Total Suspended Solid* (TSS).

Karakterisasi kitosan hasil penelitian ini (*kitosan 1*) dibandingkan terhadap kitosan komersial (*kitosan 2*). Hasil penjernihan kedua macam kitosan ini dibandingkan terhadap hasil penjernihan dengan PAC. Karakterisasi meliputi kandungan gugus fungsi dan derajat deasetilasi (DD), yang dianalisis dengan FTIR (*Fourier Transform Infra Red*).

BAHAN DAN METODE

Alat-alat yang dipakai pada penelitian ini diantaranya: labu ukur 100 mL, gelas beker 1000 mL, *ball mill*, pipet ukur 10 mL, spatula, timbangan analitik, kuvet, kertas lakmus, termometer, ayakan *100-mesh*, *turbidity meter*, unir *Jar Test*, corong kaca, kertas saring, *aluminium foil*, desikator, oven, dan *hot plate*.

Bahan penelitian ini adalah: limbah kulit udang *vename* yang didapatkan dari pedagang di pasar tradisional di Medan, akuades, larutan NaOH 6 % dan 50 %, HCl 1 N, asam asetat 1%. Larutan PAC 1%, yang digunakan sebagai pembanding. Sampel air berasal dari air baku PDAM Tirtanadi Sunggal, Medan, Sumatera Utara. Air baku diambil dari Sungai Belawan.

Penelitian terdiri dari tahapan utama: pembuatan kitosan dari kulit udang, pelarutan kitosan, karakterisasi kitosan, pengambilan sampel air, dan uji penjernihan.

a. Pembuatan Kitosan

Pembuatan kitosan dari limbah kulit udang adalah proses demineralisasi, deproteinasi dan deasetilasi. Demineralisasi dilakukan dengan perendaman kulit udang dalam HCl 1 N. Rasio kulit udang/HCL adalah 1:10 (b/v). Rendaman ini dipanaskan pada temperatur 80°C selama 1 jam sambil diaduk.

Deproteinasi dilakukan dengan perendaman kulit udang hasil demineralisasi dalam NaOH 6% dan dilanjutkan dalam NaOH 50% dengan rasio 1:10 (b/v). Rendaman ini dipanaskan pada temperatur 100 °C selama 2 jam sambil diaduk.

Deasetilasi (perubahan kitin menjadi kitosan) terjadi pada perendaman kulit udang hasil deproteinasi dalam asam asetat, dengan rasio 1:10 (b/v). Rendaman ini dipanaskan pada temperatur 110 °C selama 2 jam terus diaduk.

Setelah setiap akhir tahapan proses di atas, rendaman didinginkan selama 30 menit, kemudian disaring. Padatan di atas kain penyaring dicuci dengan akuades sampai pH netral. Kemudian kulit udang dikeringkan di dalam oven pada temperatur 80 °C selama 12 jam dan ditimbang [14].

b. Larutan Kitosan

Serbuk kitosan dari kulit udang sebanyak 1 gram lalu dilarutkan ke dalam 100 mL asam asetat 1% untuk membuat larutan kitosan 1%. Selanjutnya larutan kitosan digunakan untuk

penjernihan 1000 mL air sampel. Dosis kitosan pada penjernihan divariasikan: 1 ppm, 2 ppm, 3 ppm, 4 ppm, 5 ppm, dan 6 ppm.

c. Karakterisasi Kitosan dengan FTIR

Karakterisasi kitosan menggunakan spektrometer FTIR merek Shimadzu.

Derajat deasetilasi (DD) menunjukkan banyaknya gugus amino bebas pada polisakarida kitosan. Nilai DD kitosan dilihat dari spektrum FTIR dengan menghitung persen transmisi pada bilangan gelombang tertentu. DD ditentukan untuk mengetahui seberapa besar kitin yang sudah berubah menjadi kitosan. Perhitungan DD mengikuti persamaan (1) berikut ini.

$$\%DD = \left(1 - \frac{A_{1655}}{A_{3450}}\right) \times 100\% \quad (1)$$

dengan:

DD	=	Derajat Deasetilasi (%)
(A1665) Amida	=	%T pada 1655 cm ⁻¹ pada pita amida
(A3450) Hidroksil	=	%T pada 3450 cm ⁻¹ pada pita hidroksil

d. Sampel Air

Sampel air diambil dari Sungai Belawan sebanyak 60 L (3 ember @ 20 L). Pengambilan sampel air mengikuti metode *purposive sampling* yang berpedoman pada SNI 7828:2012 tentang *Kualitas air, Bagian 5: Pengambilan Contoh Air Minum dari Instalasi Pengolahan Air dan Sistem Jaringan Distribusi Perpipaan*.

e. Pengujian Kekeruhan dengan Jar Test

Uji *Jar test* ditujukan untuk menentukan dosis koagulan yang tepat. Proses uji *Jar Test* dilakukan berdasarkan panduan tata cara *Jar Test* yang dipakai di PDAM Tirtanadi Sunggal. Percobaan *Jar test* dilakukan dengan variasi dosis kitosan 1 ppm, 2 ppm, 3 ppm, 4 ppm, 5 ppm, dan 6 ppm. Air baku sebanyak 1000 mL diisi pada masing-masing gelas beker.

Alat *Jar Test* dioperasikan dengan putaran 140 rpm selama 5 menit (pengadukan cepat), lalu dilanjutkan dengan putaran 30 rpm selama 10 menit (pengadukan lambat). Alat *Jar Test* lalu ditinggalkan selama 20 menit untuk proses flokulasi. Kekeruhan sebelum dan sesudah *Jar Test* diukur dengan *Turbidity Meter*.

Dosis koagulan dan persentase penurunan kekeruhan dihitung dari persentase penurunan kekeruhan yang dihitung menggunakan persamaan (2) dan persamaan (3).

$$\text{Dosis} = \frac{\text{Kons. koagulan (ppm)} \times \text{Vol. sampel (mL)}}{1000 \text{ mg/L}} \quad (2)$$

$$\text{Persentase Penurunan Kekeruhan} = \frac{A - B}{A} \times 100\% \quad (3)$$

dengan:

A = Nilai kekeruhan awal sebelum penambahan koagulan

B = Nilai kekeruhan akhir setelah penambahan koagulan.

f. Pengukuran TSS

Analisis nilai TSS (*Total Suspended Solid*) menggunakan metode gravimetri berdasarkan SNI 6989.3:2019 tentang cara uji padatan tersuspensi TSS secara gravimetri. Perhitungan nilai TSS menggunakan persamaan (4).

$$\text{TSS (mg/L)} = \frac{(B - A) \times 1000}{\text{Volume sampel (mL)}} \quad (4)$$

dengan:

A = Berat kertas saring + residu kering (mg)

B = Berat kertas saring (mg)

HASIL DAN PEMBAHASAN

a. Hasil Produksi Kitosan

Setelah pengeringan, kulit udang sebanyak 500 g dihaluskan menggunakan *ball mill*, lalu diayak menggunakan ayakan 100-mesh. Operasi ini mengakibatkan penurunan massa, dari 500 g kulit udang asal, menjadi 18,17 gram serbuk kulit udang. Proses demineralisasi dan deproteinasi menghasilkan 68% kitin sebanyak 8,71 gram. Proses selanjutnya, deasetilasi menghasilkan kitosan sebanyak 5,80 gram. Hasil neraca massa penelitian ini dibandingkan terhadap data pustaka, dan disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Perbandingan Hasil Pengolahan Kulit Udang menjadi Kitosan

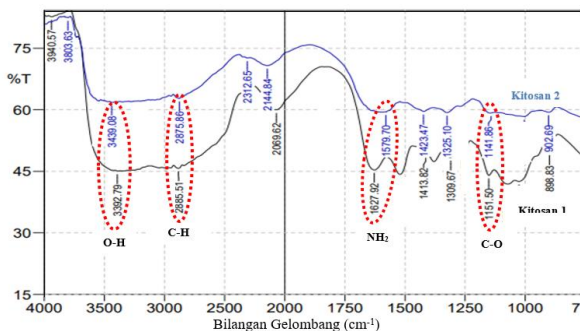
No.	Kulit Udang (g)	Kitin (g)	Kitosan (g)	Yield (%)	Ref.
1	50,00	14,20	11,25	22,50	[14]
2	50,00	15,23	13,74	27,48	[15]
3	18,17 (hasil ayakan)	8,71	5,80	31,90	penelitian ini

Jika dihitung mulai dari serbuk kulit udang, *yield* penelitian ini sedikit lebih besar daripada penelitian lain. Perbedaan *yield* mungkin disebabkan karena penggunaan bahan baku kulit udang yang berupa serbuk yang memberi perpindahan massa lebih baik.

Perbedaan jenis udang, dan perbedaan proses pembuatan kitosan juga dapat mempengaruhi nilai *yield* pada kitosan [6]. Kehilangan bahan juga bisa terjadi akibat kehilangan massa polimer saat deasetilasi, dan hilangnya partikel kitosan saat pencucian [22].

b. Karakterisasi Kitosan menggunakan FTIR

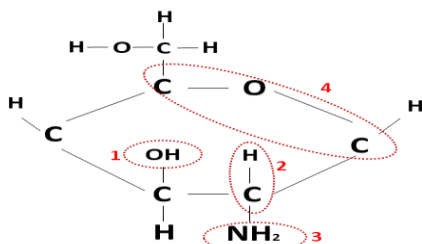
Hasil spektrum FTIR kitosan 1 (penelitian ini) dan kitosan 2 (komersial) disajikan pada Gambar 1. Kitosan hasil penelitian ini mirip dengan kitosan komersial 2. Keduanya mengandung gugus hidroksil (O-H) pada bilangan gelombang 3392 cm⁻¹, alkana (C-H) pada bilangan gelombang 2882 cm⁻¹, amina (NH₂) pada bilangan gelombang 1627 cm⁻¹, dan C-O pada bilangan gelombang 1151 cm⁻¹. Hasil karakterisasi juga disajikan Tabel 2. Struktur molekul kitosan dan posisi masing-masing gugus fungsi [7] ditampilkan pada Gambar 2.



Gambar 1. Hasil Uji FTIR untuk Kitosan 1 (Garis Hitam) dan Kitosan 2 (Garis Biru)

Tabel 2. Hasil Karakterisasi FTIR

No.	Ikatan	Gugus Fungsi	%T (cm ⁻¹)	
			Kitosan 1	Kitosan 2
1	O-H	Hidroksil	3392	3439
2	C-H	Alkana	2885	2874
3	NH ₂	Amina	1627	1579
4	C-O	C-O	1151	1141



Gambar 2. Struktur Molekul Kitosan dan Posisi Gugus Fungsinya [7]

c. Perbandingan DD Kitosan 1 dan Kitosan 2

Derajat deasetilasi (DD) didefinisikan sebagai suatu parameter lepasnya gugus asetil dari kitin. Derajat deasetilasi merupakan parameter penting yang mempengaruhi sifat kitosan seperti kelarutan, reaktivitas kimia, dan kemudahan biodegradasi.

Perbandingan karakteristik kitosan 1 dan kitosan 2 disajikan pada Tabel 3. Kedua kitosan menunjukkan nilai DD hampir sama: larut dalam asam asetat, tekstur berbentuk serbuk, tidak mempunyai bau.

Tabel 3. Sifat Fisik Kitosan 1 dan Kitosan 2

Parameter	Kitosan 1 (penelitian ini)	Kitosan 2 (komersial)
Kelarutan dlm. asam asetat	Larut	Larut
Tekstur	Serbuk	Serbuk
Warna	Putih	Putih
Bau	Tidak Berbau	Tidak Berbau
Derajat Deasetilasi	82,69%	83,43%
Serbuk	100-mesh	50-mesh
Penampakan fisik		

Derajat deasetilasi pada kitosan 1 (83,63%) sedikit berbeda terhadap kitosan 2 (82,69%). Ukuran partikel bahan baku mungkin mengakibatkan perbedaan derajat deasetilasi [19].

Nilai derajat deasetilasi kitosan ditentukan oleh beberapa faktor yaitu konsentrasi NaOH, temperatur dan lama proses deasetilasinya [7, 14]. Konsentrasi NaOH yang tinggi akan mengakibatkan laju reaksi semakin cepat sehingga akan menghasilkan gugus OH⁻ yang tinggi dan pelepasan gugus CH₃COO⁻ yang makin tinggi. Akhirnya gugus amida pada kitosan semakin banyak.

Waktu reaksi juga menyebabkan terjadinya degradasi kitosan yang ditandai dengan menurunnya viskositas. Semakin tinggi derajat deasetilasinya maka semakin banyak gugus amino pada rantai molekul kitosan sehingga kitosan akan semakin reaktif [1].

d. Karakteristik Air Sungai Belawan

Sampel air yang dipakai adalah air baku yang akan diolah pada pengolahan air minum PDAM Tirtanadi Sunggal dari Sungai Belawan,

Sumatera Utara. Kekeruhan dan nilai TSS air baku disajikan pada Tabel 4. Jelas air baku dari Sungai Belawan tidak layak sebagai air minum.

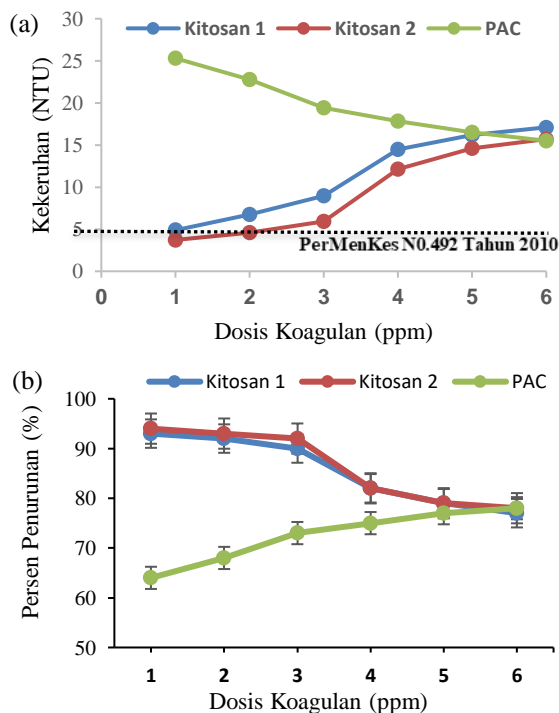
Tabel 4. Hasil Uji Awal Kekeruhan dan TSS

Parameter	Satuan	Hasil Pemeriksaan	Baku Mutu
Kekeruhan	NTU	70,7	5*
TSS	mg/L	60,0	50**

* PerMenKes No. 492/ MENKES/PER/IV/2010
 ** PP. No 82 tahun 2001

e. Penurunan Kekeruhan

Dari nilai awal kekeruhan air baku 70,7 NTU (Tabel 4), koagulasi dengan kitosan 1 dan kitosan 2 dapat menurunkan kekeruhan secara nyata (Gambar 3). Cukup dengan dosis kitosan 1 ppm, kekeruhan air dapat mencapai baku mutu PerMenKes no. 492, tahun 2010. Kitosan 1 dan kitosan 2 memberi efek yang sama pada penurunan kekeruhan. Yang mengherankan penambahan dosis kitosan dari 1 ppm ke atas, kekeruhan kembali bertambah. Kemungkinan kenaikan kekeruhan pada kenaikan dosis ini diakibatkan hilangnya kestabilan gaya tarik menarik flok [8-10].



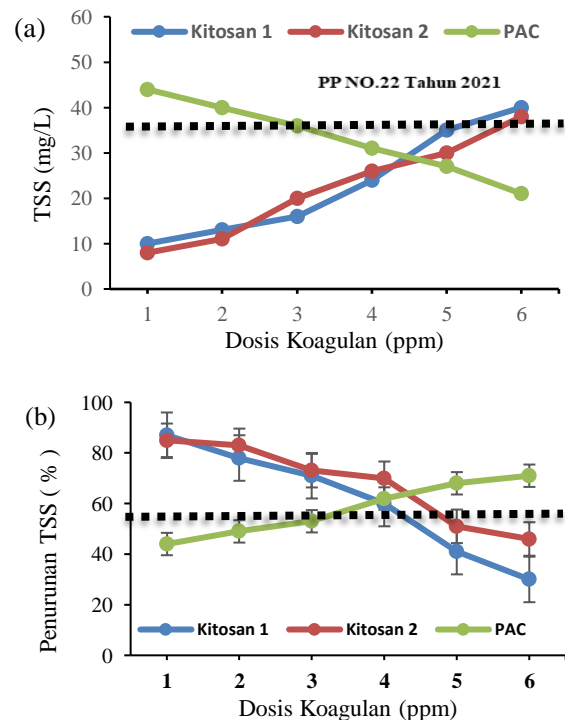
Gambar 3. Pengaruh dosis koagulan terhadap (a) nilai kekeruhan (b) persen penurunan kekeruhan

Penggunaan PAC, yang biasa digunakan di PDAM, memberi kecenderungan sebaliknya, yaitu kenaikan dosis PAC menurunkan kekeruhan. Penggunaan PAC di PDAM, biasanya pada dosis 20 ppm untuk mencapai kekeruhan yang sesuai baku mutu menurut PerMenKes No. 492 tahun 2010. Konsentrasi PAC optimal yang diperoleh peneliti lain adalah 10-20 ppm [11, 12]. Pembentukan flok yang padat mulai pada konsentrasi PAC di atas 10 ppm [12]. Pada penelitian ini, dosis koagulan hanya diamati sampai dengan 6 ppm.

Sewajarnya, *persen penurunan kekeruhan* mengikuti kebalikan *nilai kekeruhan*: kekeruhan makin turun, persen penurunan kekeruhan makin tinggi (Gambar 3 (a) dan (b)).

f. Penurunan TSS

Nilai TSS pada air baku sebelum penambahan koagulan adalah sebesar 60 mg/L (Tabel 4). Penambahan kitosan-1 dengan dosis 1 sampai dengan 6 ppm mengakibatkan penurunan TSS. Penambahan kitosan dengan dosis hanya 1 ppm, nilai TSS turun sampai dengan 8 mg/L jauh di bawah baku mutu 20 mg/L. Penambahan dosis kitosan lebih lanjut ternyata menaikkan kembali nilai TSS (Gambar 4), atau terjadi deflokulasi.



Gambar 4. Pengaruh Dosis Koagulan terhadap (a) TSS (b) persen penurunan TSS

Pengamatan lebih lanjut menunjukkan bahwa peningkatan dosis PAC mengakibatkan penurunan nilai PAC. Tetapi untuk mencapai baku mutu nilai TSS, dosis PAC cukup 2 ppm saja.

Keefektifan koagulan kitosan kulit udang dalam penurunan konsentrasi TSS juga didukung oleh penelitian Pratama, dkk. [18]. Pada penelitian tersebut, bio-koagulan berasal dari pengolahan cangkang kerang. Dosis yang diperlukan relatif tinggi: penurunan nilai TSS dari 212 mg/L menjadi 55 mg/L memerlukan dosis koagulan dari cangkang kerang 250 mg/L. Persen penurunan nilai TSS dengan koagulan berbahan baku cangkang kepiting tersebut kira-kira 78%, penurunan nilai TSS hasil penelitian ini mencapai 87%.

Secara mendasar, penambahan koagulan harus tepat. Kelebihan koagulan dapat mengakibatkan kelebihan ion positif dari bio-koagulan. Hal ini, selanjutnya mengakibatkan terjadinya deflokulasi. Dosis optimum berbeda antara satu koagulan dengan lainnya. Proses koagulasi dan flokulasi juga sangat dipengaruhi oleh kecepatan pengadukan yang pada akhirnya mempengaruhi ukuran dan keseragaman ukuran partikel flok [8].

g. Analisis Biaya Pengolahan Air Minum

Hasil-hasil percobaan (Tabel 1) dapat diekstrapolasi: 10 kg kulit udang *vaneme* dapat diolah menjadi 3,19 kg kitosan. Berdasarkan data BPS tahun 2019, produksi udang dalam ton/tahun: (i) Provinsi Jawa Barat 12.843, (ii) Provinsi Lampung 1.898, dan (iii) Provinsi Sumatera Utara 13.953. Total potensi teoritik ketersediaan kulit udang dapat mencapai 11.478 ton/tahun, atau 40% dari produksi udang 28.940 ton/tahun [15]. Artinya terdapat potensi produksi kitosan sebanyak (ton/tahun): Jawa Barat 1.638, Lampung 242, dan Sumatera Utara 1.780. Upaya pemanfaatan kulit udang ini juga akan membantu pengurangan masalah limbah.

Dengan basis 10 kg kulit udang, harganya dapat diasumsikan sebesar Rp 20.000. Pengolahannya menjadi kitosan memerlukan (i)

3,65 L HCl 1N (harga Rp 100.000/L) dan 30 kg NaOH (harga Rp 50.000/kg) [20]. Dengan demikian secara sederhana, harga kitosan 1 (hasil penelitian ini) adalah Rp 590.409/kg, sedangkan harga kitosan 2 (komersial) adalah Rp 625.000/kg [20]. Biaya produksi kitosan 1 sedikit lebih murah daripada harga kitosan 2. Analisis biaya bahan penjernihan air disajikan pada Tabel 5.

Perbandingan biaya pengadaan koagulan kitosan 1, kitosan 2 dan PAC disusun untuk kapasitas pengolahan air baku 144.000 L/jam [21]. Tingginya biaya produksi kitosan disebabkan penggunaan bahan kimia dalam penelitian di laboratorium. Tetapi perlu diingat bahwa kitosan tidak beracun dan dapat membantu penyelesaian masalah limbah, serta peningkatan nilai tambah kulit udang maupun cangkang kepiting [3].

Biaya operasi produksi kitosan 1, mungkin dapat diturunkan dengan pengembangan proses berikut ini.

1. Penggunaan bahan kimia alternatif. Bahan kimia HCl pada proses demineralisasi (harga Rp 100.000/L) dapat digantikan dengan asam asetat (harga Rp 58.000/L) dan sedangkan bahan kimia NaOH pada proses deproteinasi (harga Rp 50.000/kg) dapat digantikan dengan Ca(OH)_2 (harga Rp 10.000/kg) [20]. Penggantian bahan kimia yang digunakan disebabkan karena mempunyai sifat asam atau basa yang hampir sama. Namun penggantian bahan kimia ini dapat mengakibatkan proses pengolahan menjadi lebih lama dan *yield* yang dihasilkan lebih rendah [1].
2. Penggilingan kulit udang menjadi serbuk yang lebih halus sehingga proses demineralisasi, deproteinasi dan deasetilasi dapat berlangsung lebih cepat, homogen dan efisien. Kitosan dalam bentuk serbuk yang halus juga akan membantu kecepatan proses pengeringan, dan luas permukaan kontak makin besar. Sehingga proses-proses dalam pembuatan kitosan akan semakin baik juga [8, 13, 22].

Tabel 5. Perbandingan Biaya Koagulan, Basis Air Baku 144.000 L/jam [21]

No.	Jenis Koagulan	Kons. (mg/L)	Konsumsi (kg/jam)	Kebutuhan (kg/bulan)	Harga, (Rp/kg)	Biaya Koagulan (Rp/bulan)	Ref.
1.	PAC	20	2.880	2.073.600	16.000	33.177.600.000	[10]
2.	Kitosan 1	1	144	103.680	590.409	61.213.580.828	Penelitian ini
3.	Kitosan 2	1	144	103.680	625.000	64.800.000.000	

Konsentrasi bahan kimia yang digunakan pada kondisi optimal sehingga pemakaian bahan kimia lebih tepat dan efisien. Pengurangan atau penambahan konsentrasi dan atau volume bahan kimia yang dipakai pada proses pembuatan kitosan ini merupakan solusi lain dalam menurunkan biaya produksi namun diperkirakan *yield* yang diperoleh lebih sedikit. Menurut Hossain, 2014, bahwa kenaikan konsentrasi HCl dari 2 N menjadi 6 N dapat mengakibatkan penurunan *yield* [22].

KESIMPULAN DAN SARAN

Koagulan kitosan hasil penelitian ini teruji memiliki karakteristik sama dengan kitosan komersial, dalam hal komposisi gugus fungsi dan derajat deasetilasi. Penggunaan kitosan hasil penelitian ini dapat menjernihkan dan menurunkan kadar TSS air baku dengan dosis hanya pada kisaran 1-2 ppm. Sedangkan penggunaan PAC sebagai pembanding dalam penelitian ini, memerlukan dosis yang lebih tinggi.

Biaya produksi bio-koagulan, kitosan dari kulit udang, sangat tinggi karena penggunaan bahan kimia dan prosedur standar laboratorium. Proses produksi bio-koagulan dari kulit udang perlu dikembangkan agar biaya produksi bio-koagulan dapat turun.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih diucapkan kepada PDAM Tirtanadi Sunggal, Medan, Sumatera Utara atas fasilitas yang diberikan dalam penelitian ini dan Institut Teknologi Sumatera atas bantuan dana penelitian nomor 134g/IT9.C1/PP/2018.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Cahyono, E. “Karakteristik Kitosan Dari Limbah Cangkang Udang Windu”, *Jurnal Akuatika Indonesia*, vol. 3. No. 2, pp. 96-102, 2018.
- [2] D, Ariyanto, “Analisis Kebutuhan Air Bersih dan Ketersediaan Air Bersih di IPA Sumur Dalam Banjar Sari PDAM Kota Surakarta Terhadap Jumlah Pelanggan”, 2007.
http://digilib.unhas.ac.id/uploaded_files/temporary/DigitalCollection/MjNhYTdmM2FhMDQ4MjQ5NTRjZGZmMTI0YTY3YjJiM2MxYjI1YjEwNg==.pdf
- [3] D, Gaib, “Perencanaan Peningkatan Kapasitas Produksi Air Bersih Ibu Kota Kecamatan Nuangan”, *Jurnal Sipil Statik*, vol. 1-24, No.8, pp. 481-490. 2016.
- [4] S, Katayon, “Effect of Natural Coagulation Application on Microfiltration Performance in Treatment on Secondary Oxidation Pond Effluent”, *Desanilation*, vol. 204, pp. 204 – 212, 2007.
- [5] E, Aulia. “Pemanfaatan Limbah Cangkang Kepiting sebagai Biokoagulan untuk Menurunkan Parameter Pencemar COD dan TSS pada Limbah Industri Tahu”, *Jurnal Teknik Lingkungan*, vol. 5, pp. 1-10, 2016.
- [6] A, Davidson,. “Pemanfaatan Limbah Cangkang Kerang Lokan sebagai Biokoagulan untuk Menurunkan Fosfat pada Limbah Cair Laundry”, *Jurnal Online Mahasiswa*, vol. 5, no.1, pp. 1-5, 2018.
- [7] Hendrawati. “Penggunaan Kitosan sebagai Koagulan Alami dalam Perbaikan Kualitas Air Danau”, *Jurnal Kimia VALENSI*, vol. 1, no. 1, pp. 54-57, 2015. <http://dx.doi.org/10.15408/jkv.v0i0.3148>.
- [8] Lia, Hanayani, “Utilization and Characterization of Oyster Shell as Chitosan and Nanochitosan”, *Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi*, vol. 21, no.4, pp. 224-231, 2018. <https://doi.org/10.14710/jksa.21.4>.
- [9] Mulkan, Hambali. “Pembuatan Kitosan dan Pemanfaatannya sebagai Agen Koagulasi dan Flokulasi”, *Jurnal Teknik Kimia*, vol. 23, no. 2, 2017.
- [10] Mary, Selintung. “Studi Efektivitas Penggunaan PAC dan Kitosan dalam Pengolahan Air Baku Sungai Jeneberang”, *Jurnal Teknik Lingkungan*, vol 1, no.4, pp.5-8, 2017.
- [11] Shabriyani, Hatma. “Optimalisasi Penggunaan Kitosan Limbah Kulit Udang Vannamei sebagai Koagulan dalam Perbaikan Kualitas Air Danau”, *Jurnal Indonesia Sosial Sains*, vol.2, No.2. 2021. <http://jiss.publikasiindonesia.id>.
- [12] Mardiyah, Kurniasih, “Sintesis dan Karakterisasi Fisika Kimia Kitosan”, *Jurnal Inovasi*, vol. 5 No.1, pp. 42-48. 2011.
- [13] Bhari, Syaiful. “Derajat Deasetilasi Kitosan dari Cangkang Kerang Darah dengan Penambahan NaOH secara Bertahap”, *Jurnal Riset Kimia*, vol. 1, pp. 36-42. 2015.

- [14] M, Manuntun. “Potensi Khitin/Kitosan dari Kulit Udang sebagai Biokoagulan Penjernih Air”, *Jurnal Kimia*, vol. 5, pp. 182-188. 2011.
- [15] Mustafiah. “Pemanfaatan Kitosan dari Limbah Kulit Udang sebagai Koagulan Penjernih Air”, *Jurnal Teknik Kimia*, vol. 03. No.01, pp 27-32. 2018.
- [16] Cecilia, Triastiningrum. “Perbandingan Kemampuan Kitosan dari Limbah Kulit Udang dengan Aluminium Sulfat untuk Menurunkan Kekeruhan Air dari Outlet Bak Prasedimentasi IPAM Ngagel II”, *Jurnal Teknik ITS*, Vol.1, No.2, 2016.
- [17] A, Zidni. “Pembuatan dan Karakterisasi Kitosan Kulit Udang Galah”, *Jurnal Kimia*, vol. 2, No.1, pp. 10-16. 2019.
- [18] E, J, Dompeipen. “Isolasi dan Identifikasi Kitin dan Kitosan dari Kulit Udang Windu dengan Spektroskopi Inframerah”, *Majalah Biam*, vol. 1, pp. 31-41, 2017.
- [19] Pratama, Aditya. “Penggunaan Cangkang Udang sebagai Biokoagulan untuk Menurunkan Kadar TSS, Kekeruhan, dan Fosfat pada Air Limbah Usaha Laundry”, *Jurnal Teknik Lingkungan*, Vol. 5, No.2, pp. 4-8, 2016.
- [20] <https://shopee.co.id/product/12464814/97706442?smtt=0.223626381-1658117207.9>
- [21] PDAM Tirtanadi, Medan, Sumatera Utara. Website: <https://pdamtirtanadi.co.id/>
- [22] Hossain, M. S. and Iqbal, A. “Production and characterization of chitosan from shrimp waste”, *J. Bangladesh Agril. Univ.* Vol. 12, No.1, pp. 153–160. 2014