



Kemampuan Koagulan Kitosan dalam Penurunan Konsentrasi TSS dan COD Pengolahan Limbah Cair (Review Jurnal)

Dian Yuniarita P¹⁾, Citra Widiyawati²⁾, Rizka Nisa Hanifah³⁾

Teknik Kimia, Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya

Email: dianyp@itats.ac.id, citraya.82@gmail.com, rizkahanifah00@gmail.com

Abstrak

Eksplorasi sumber daya alam yang berlebihan disebabkan pertumbuhan penduduk dan kebutuhannya mengakibatkan pencemaran air yang terjadi karena aktivitas manusia. Oleh karena itu, perlu adanya pengolahan limbah cair lebih lanjut agar mendapatkan kualitas air yang sesuai baku mutunya. Salah satu teknik yang banyak digunakan dalam pengolahan limbah cair yaitu teknik koagulasi flokulasi menggunakan koagulan kitosan. Teknik ini bertujuan menghilangkan suspensi, padatan terlarut dan bahan organik dari limbah cair. Teknik ini dipilih karena bahan dan alat yang digunakan mudah didapatkan dan mudah dioperasikan serta biaya yang dikeluarkan terjangkau. Koagulan yang digunakan berupa kitosan yang mana tidak beracun, tidak berbahaya bagi kesehatan, dan dapat terurai secara hayati. Tujuan utama studi literatur ini untuk mengetahui keefektifan bahan kitosan yang digunakan, pengaruh penambahan dosis koagulan, pengaruh waktu kontak, dan pengaruh kecepatan pengadukan dalam menurunkan konsentrasi TSS dan COD dalam limbah cair. Bahan kitosan yang digunakan berasal dari sumber yang berbeda antara lain kulit udang, cangkang kepiting, cangkang sumpil, cangkang kerang hijau, dan cangkang rajungan. Hasil dari studi literatur ini didapatkan kitosan yang berasal dari cangkang kepiting yang diaplikasikan dalam pengolahan limbah cair rumah potong hewan mempunyai angka penurunan konsentrasi TSS dan COD paling tinggi yaitu 94,8% dan 96%.

Kata Kunci: Kitosan, Koagulasi, Flokulasi, TSS, dan COD

ABSTRACT

Excessive exploitation of natural resources due to population growth and its needs resulted in water pollution that occurs due to human activities. Therefore, there is need for further treatment of liquid waste in order to obtain water quality in accordance with its standards. One technique that is widely used in wastewater treatment is the coagulation flocculation technique using chitosan coagulant. This technique aims to remove suspensions, dissolved solids, and organic material from waste water. This technique was chosen because the materials and tools used are easy to obtain and easy to operate, and the cost incurred are affordable. The coagulant used is chitosan which is non-toxic, harmless to health, and biodegradable. The main purpose of this literature study was to determine the effectiveness of the material of chitosan used, the effect of increasing the coagulant dose, the effect of contact time, and the effect of stirring speed in reducing of TSS and COD in wastewater. The chitosan material used from different source, including shrimp shells, crab shells, sumpil shells, and green mussel shells. The results of this literature study showed that chitosan derived from crab shells which was applied in the animal slaughter house waste water had the highest reductions in TSS and COD concentrations with 94,8% and 96%.

Keywords: *Chitosan, Coagulation, Flocculation, TSS, and COD*

A. PENDAHULUAN

Pertumbuhan penduduk dan kebutuhannya menyebabkan sumber daya alam yang dieksploitasi berlebihan salah satunya pemanfaatan air. Aktivitas manusia yang banyak memanfaatkan air antara lain aktivitas pertanian, aktivitas mineral, industri pengolahan, dan sistem pembuangan air limbah. Hal ini mengakibatkan peningkatan pencemaran air (Ruelasleyva et al., 2017). Pengolahan limbah cair ini perlu dilakukan untuk mendapatkan kualitas air yang memenuhi standar. Salah satu pengolahan limbah cair yang banyak digunakan dengan teknik koagulasi flokulasi. Teknik ini bertujuan menghilangkan suspensi, padatan terlarut, dan bahan organik dari air limbah.

Flokulasi adalah pemyisihan kekeruhan air dengan cara pengumpulan partikel kecil menjadi partikel yang lebih besar. Salah satu

faktor penting yang mempengaruhi keberhasilan proses flokulasi adalah pengadukan secara lambat, keadaan ini memberi kesempatan partikel melakukan kontak atau hubungan agar membentuk penggabungan (agglomeration). Pengadukan lambat ini dilakukan secara hati-hati karena flok-flok yang besar akan mudah pecah melalui pengadukan dengan kecepatan tinggi. Koagulan yang digunakan dalam proses koagulasi-flokulasi ada 2 macam yaitu sintesis dan alami. Salah satu koagulan alami adalah kitosan. Kitosan adalah polisakarida amino yang diperoleh dari proses deasetilasi kitin, yang selain selulosa, merupakan polimer alami paling umum di dunia. Sumber utama kitosan adalah organisme yang hidup di air laut seperti udang, kepiting, dan cangkang lobster. Keunggulan utama kitosan adalah tidak beracun, tidak berbahaya bagi kesehatan manusia, polimer kationik linier dengan berat molekul tinggi dan kemampuan terurai secara hayati (Abdullah & Jaeel, 2019).

Pengolahan limbah cair dengan teknik koagulasi flokulasi menggunakan koagulan kitosan telah banyak dilakukan pada penelitian-penelitian terdahulu. Sumber bahan baku pembuatan kitosan sendiri juga beragam antara lain kulit udang, cangkang kepiting, cangkang sumpil, cangkang kerang hijau, dan cangkang rajungan. Beberapa penelitian yang menggunakan teknik ini terutama untuk menurunkan konsentrasi TSS dan COD dalam limbah cair diantaranya dilakukan oleh (Aulia et al., 2016), (Saniy, 2017).

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan tentang kemampuan koagulan kitosan dalam menurunkan konsentrasi TSS dan COD limbah cair, maka dapat diambil rumusan masalah sebagai berikut :
(1) Bahan kitosan apa yang paling efektif untuk pengolahan limbah cair

industri serta jenis limbah cair apa yang mengalami penurunan TSS dan COD paling tinggi?; (2) Seberapa besar pengaruh dosis koagulan yang diberikan terhadap penurunan TSS dan COD dalam pengolahan limbah cair industri?; (3) Seberapa besar pengaruh waktu kontak terhadap penurunan TSS dan COD dalam pengolahan limbah cair industri?; (4) Seberapa besar pengaruh kecepatan pengadukan terhadap penurunan TSS dan COD dalam pengolahan limbah cair industri?.

Studi literatur ini mempunyai tujuan sebagai berikut : (1) Mengetahui bahan kitosan yang paling efektif serta jenis limbah cair yang mengalami penurunan TSS dan COD paling tinggi; (2) Mengetahui pengaruh dosis koagulan terhadap penurunan TSS dan COD dalam pengolahan limbah cair industri; (3) Mengetahui pengaruh waktu kontak koagulan terhadap penurunan TSS dan COD dalam pengolahan limbah cair industri; dan (4) Mengetahui pengaruh kecepatan pengadukan terhadap penurunan TSS dan COD dalam pengolahan limbah cair industri.

B. METODE

1. Pembuatan Kitosan

1) Tahap persiapan

- Cuci limbah kulit udang sebanyak 4 kg.
- Lalu, di oven pada suhu 105°C sampai massa konstan.
- Setelah itu, dihancurkan dan dihaluskan serta diayak dengan ukuran 50 mesh (Meicahayanti, dkk, 2018).

2) Tahap deproteinasi

- NaOH 3,5% ditambahkan pada kulit udang yang sudah diayak dengan perbandingan 1: 20 (b/v).

- Lalu diaduk selama 90 menit dengan suhu 70°C.
- Setelah itu, dilakukan pencucian hingga pH filtrat netral dan dikeringkan kembali di oven (Meicahayanti, dkk, 2018).

3) Tahap demineralisasi

- HCl 1 N ditambahkan dalam dengan rasion 1: 10 (b/v).
- Lalu diaduk selama 90 menit dengan suhu 70°C.
- Setelah itu, dilakukan pencucian hingga pH filtrat netral dan dikeringkan kembali di oven (Meicahayanti, dkk, 2018).

4) Tahap deasetilasi

- NaOH 70% ditambahkan pada kitin hasil demineralisasi dengan konsentrasi 50% (b/v).
- Lalu diaduk selama 90 menit dengan suhu 70°C.
- Setelah itu, dilakukan pencucian hingga pH filtrat netral dan dikeringkan kembali di oven.
- Lalu diuji menggunakan FTIR (*Fourier Transform Infra Red*) (Meicahayanti, dkk, 2018).

2. Pembuatan Larutan Kitosan

- 1) 1 gram kitosan dilarutkan dalam 100 ml asam asetat 1%.
- 2) Kemudian, kitosan dan asam asetat diaduk menggunakan magnet *stirrer* selama 6 jam sehingga diperoleh larutan kitosan 1%.
- 3) Setelah itu, larutan kitosan diambil dengan variasi sebanyak 5 mL; 7,5 mL; 10 mL; 12,5 mL, dan 15 mL dimasukkan ke dalam labu ukur ukuran 100 mL.
- 4) Selanjutnya, setiap variabel larutan diencerkan dengan akuades sampai tanda batas labu ukur.

- 5) Sehingga diperoleh larutan sebesar 100 mg/L, 150 mg/L, 200 mg/L, 250 mg/L, dan 300 mg/L (Aulia, dkk, 2016).

3. Prosuder Proses Koagulasi Flokulasi (Jartest)

- 1) Limbah cair disiapkan sebanyak 500 mL untuk setiap dosis koagulan kitosan, dengan variasi dosis kitosan 100 mg/L, 150 mg/L, 200 mg/L, 250 mg/L, dan 300 mg/L.
- 2) Pada proses koagulasi, campuran limbah cair dan kitosan dilakukan dengan kecepatan pengadukan 100 rpm selama 60 detik.
- 3) Kemudian, dilanjutkan proses flokulasi dilakukan dengan kecepatan pengadukan 20 rpm selama 15 menit.
- 4) Lalu, dilakukan proses pengendapan selama 1 jam.
- 5) Setelah itu, limbah cair dilakukan pengujian parameter TSS dan COD (Yose, 2019).

C. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan studi literatur yang telah dilakukan dari penelitian-penelitian terdahulu tentang pengaruh bahan yang digunakan untuk membuat kitosan terhadap penurunan TSS dan COD didapatkan hasil yang optimal dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 1 Data Hasil Studi Literatur

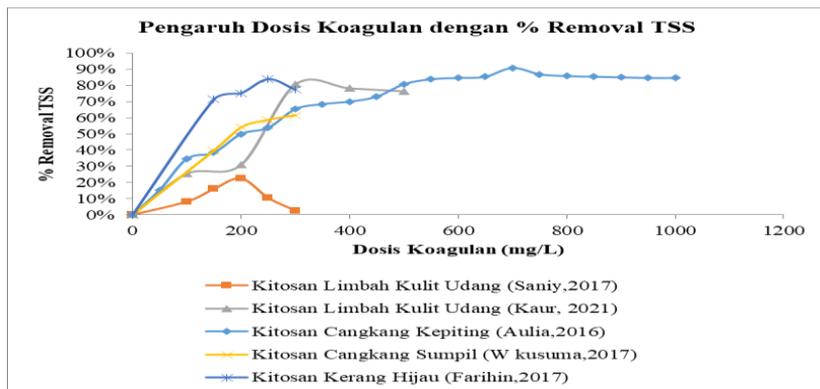
Bahan Kitosan	Sumber Limbah	Hasil Penelitian	Nama Peneliti
Cangkang Kepiting	Limbah Industri Tahu	Derajat Deasetilasi = 70%	(Aulia, 2016)
		% Removal TSS = 90,84%	
		% Removal COD = 79,09%	
		Dosis Optimum = 700 mg/L	

Bahan Kitosan	Sumber Limbah	Hasil Penelitian	Nama Peneliti
		Pengadukan cepat 150 rpm selama 2 menit	
		Pengadukan lambat 60 rpm selama 15 menit	
Cangkang Kepiting	SDE (<i>Solution Daily Effluent</i>)	Derajat Deasetilasi = 81%	Muniz, dkk, (2017)
		% Removal TSS = 77,50%	
		% Removal COD = 73,34%	
		Dosis Optimum = 73,34 mg/L	
		Pengadukan cepat 200 rpm selama 1 menit	
		Pengadukan lambat 30 rpm selama 15 menit	
Cangkang Kepiting	Limbah Rumah Potong Hewan	Derajat Deasetilasi = 70%	(Okey-Onyesolu et al., 2020)
		% Removal TSS = 94,80%	
		% Removal COD = 96,00%	
		Dosis Optimum = 300 mg/L	
		Pengadukan cepat 250 rpm selama 2 menit	
		Pengadukan lambat 30 rpm selama 20 menit	
Cangkang Kepiting	Air Lindi TPA Jatibarang, Semarang	Derajat Deasetilasi = 69,76%	(Saniy, 2017)
		% Removal TSS = 22,51%	
		% Removal COD = 24,10%	
		Dosis Optimum = 200 mg/L	
		Pengadukan cepat 100 rpm selama 1 menit	
		Pengadukan lambat 20 rpm selama 15 menit	
Cangkang Udang Pesisir	Limbah Pulp dan Kertas	Derajat Deasetilasi = 70,2 %	(Kaur et al., 2020)
		% Removal TSS = 81%	
		% Removal COD = 78,10%	
		Dosis Optimum = 300 mg/L	
		Pengadukan cepat 140 rpm selama 2 menit	
		Pengadukan lambat 40 rpm selama 30 menit	
Cangkang Sumpil (<i>Faunus</i>)	Limbah Cair PT Phapros	Derajat Deasetilasi = 28,63 %	(W . Kusuma, 2017)
		% Removal TSS = 51,14%	
		% Removal COD = 33,34%	

Bahan Kitosan	Sumber Limbah	Hasil Penelitian	Nama Peneliti
aster)		Dosis Optimum = 250 mg/L	
		Pengadukan cepat 150 rpm selama 2 menit	
		Pengadukan lambat 45 rpm selama 15 menit	
Cangkang Kerang Hijau (<i>Perna viridis</i>)	Limbah Cair PT Sido Muncul Tbk, Semarang	Derajat Deasetilasi = 52,9 %	(Farihin, 2017)
		% Removal TSS = 83,90%	
		% Removal COD = 67,80%	
		Dosis Optimum = 250 mg/L	
		Pengadukan cepat 100 rpm selama 1 menit	
		Pengadukan lambat 20 rpm selama 30 menit	

1. Penurunan TSS oleh Kitosan

Total Suspended Solid (TSS) meliputi komponen terendapkan, bahan melayang dan komponen tersuspensi koloid yang mana mengandung bahan organik dan bahan anorganik. Hubungan antara penambahan dosis koagulan, kecepatan pengadukan cepat dan lambat terhadap penurunan TSS dapat dilihat pada **Gambar 1**.



Gambar 1 Penurunan konsentrasi TSS oleh kitosan

Berdasarkan **Gambar 1**, dapat diketahui bahwa koagulan kitosan yang mempunyai % *removal Total Suspended Solid* (TSS) diatas 60%

adalah kitosan dari cangkang kepiting, kulit udang, dan cangkang kerang hijau. Pada penambahan dosis koagulan kitosan di bawah 400 mg/L, yang mempunyai % *removal* paling tinggi menggunakan koagulan kitosan limbah kulit udang dari (Kaur et al., 2020) yang berjudul “*Treatment of Wastewater from Pulp and Paper Mill using Coagulation and Flocculation*” yang mana koagulan kitosan kulit udang diaplikasikan pada limbah cair pulp dan kertas dengan dosis optimumnya 300 mg/L dengan pengadukan cepat 140 rpm selama 2 menit dan pengadukan lambat 40 rpm selama 30 menit dapat menurunkan konsentrasi TSS sebesar 81% yang mana dari konsentrasi awal 2029 mg/L menjadi 394 mg/L. Sedangkan penambahan dosis koagulan di atas 400 mg/L, % *removal* TSS paling tinggi menggunakan koagulan kitosan cangkang kepiting dari (Aulia et al., 2016) yang berjudul “*Pemanfaatan Limbah Cangkang Kepiting sebagai Biokoagulan untuk Menurunkan Parameter Pencemaran COD dan TSS pada Limbah Industri Tahu*” yang mana koagulan kitosan cangkang kepiting diaplikasikan pada limbah industri tahu dengan dosis optimumnya 700 mg/L dengan pengadukan cepat 150 rpm selama 2 menit dan pengadukan lambat 60 rpm selama 15 menit dapat menurunkan konsentrasi TSS sebesar 90,8% yang mana dari konsentrasi awal 1300 mg/L menjadi 119 mg/L. Setelah ditambahkan 50 mg/L, % *removal* TSS mengalami penurunan hal ini dapat dilihat pada **Gambar 1** karena sudah melewati dosis optimumnya.

Keefektifan koagulan kitosan cangkang kepiting dalam menurunkan konsentrasi TSS juga didukung dengan penelitian dari (Okey-Onyesolu et al., 2020) yang berjudul “*Response Surface Methodology optimization of chito-protein synthesized from crab shell in treatment of abattoir wastewater*” yang mana didapatkan % *removal* TSS

sebesar 94,8% menggunakan kitosan cangkang kepiting yang diaplikasikan dalam limbah cair rumah potong hewan, dimana menurunkan konsentrasi TSS awal 563,6 mg/L menjadi 29 mg/L didapatkan pada penambahan koagulan dosis 300 mg/L dengan pengadukan cepat 250 rpm selama 2 menit dan pengadukan lambat 30 rpm selama 20 menit.

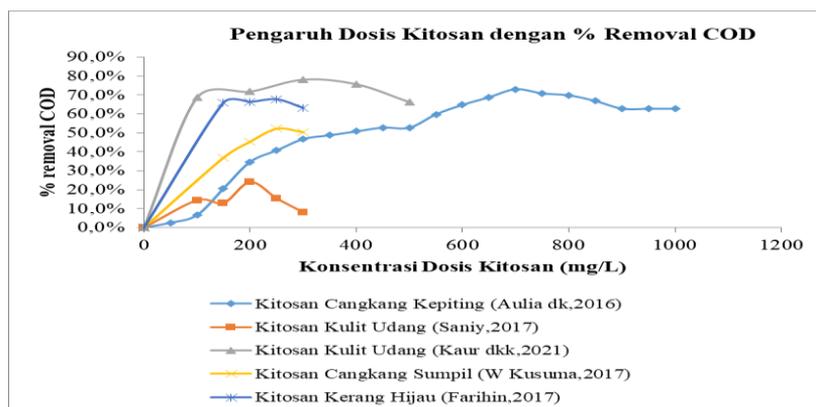
Berdasarkan uraian diatas dari masing-masing penelitian dosis yang ditambahkan berbeda-beda tergantung jenis limbahnya sampai mencapai dosis optimumnya dalam menurunkan konsentrasi TSS. Jika suatu dosis koagulan sudah melewati batas optimumnya, pada proses pengikatan ion akan mengalami kelebihan muatan positif yang terdapat dalam biokoagulan. Pada parameter TSS, dosis koagulan yang rendah akan menghasilkan penurunan konsentrasi TSS yang rendah pula. Sebaliknya jika dosis yang diberikan tepat maka akan memberikan hasil yang maksimal dalam penurunan konsentrasi TSS.

Faktor lain yang mempengaruhi proses koagulasi flokulasi yaitu kecepatan pengadukan. Kecepatan pengadukan optimal juga akan mempengaruhi sifat fisik partikel penyebab TSS itu sendiri.

2. Penurunan COD oleh Kitosan

Nilai COD (*Chemical Oxygen Demand*) menggambarkan total oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi bahan organik secara kimiawi, baik yang dapat didegradasi secara biologi maupun yang sulit didegradasi menjadi CO₂ dan H₂O. Setelah dilakukan studi literatur mengenai pengolahan limbah cair menggunakan koagulan kitosan, salah satu faktor yang mempengaruhi penurunan nilai COD yaitu jenis bahan baku kitosan yang digunakan. Hubungan penambahan dosis kitosan,

pengadukan cepat dan lambat dengan persen penurunan COD dari beberapa jenis kitosan yang tersaji pada **Gambar 2**.



Gambar 2 Penurunan konsentrasi COD oleh kitosan

Pada **Gambar 2** menunjukkan hubungan penambahan dosis koagulan dengan % *removal Chemical Oxygen Demand (COD)* Berdasarkan **Gambar 2**, dapat diketahui bahwa koagulan kitosan yang mempunyai % *removal Chemical Oxygen Demand (COD)* diatas 60% adalah kitosan dari cangkang kepiting, kulit udang, dan cangkang kerang hijau. Pada penambahan dosis koagulan kitosan di bawah 400 mg/L, yang mempunyai % *removal COD* paling tinggi menggunakan koagulan kitosan limbah kulit udang dari (Kaur et al., 2020) yang berjudul “*Treatment of Wastewater from Pulp and Paper Mill using Coagulation and Flocculation*” yang mana koagulan kitosan kulit udang diaplikasikan pada limbah cair pulp dan kertas dengan dosis optimumnya 300 mg/L dengan pengadukan cepat 140 rpm selama 2 menit dan pengadukan lambat 40 rpm selama 30 menit dapat menurunkan konsentrasi COD sebesar 78,1% yang mana dari konsentrasi awal 2816 mg/L menjadi 616 mg/L. Sedangkan penambahan dosis koagulan di atas 400 mg/L, % *removal COD* paling tinggi menggunakan koagulan kitosan cangkang

kepiting dari (Aulia et al., 2016) yang berjudul “*Pemanfaatan Limbah Cangkang Kepiting sebagai Biokoagulan untuk Menurunkan Parameter Pencemaran COD dan TSS pada Limbah Industri Tahu*” yang mana koagulan kitosan cangkang kepiting diaplikasikan pada limbah industri tahu dengan dosis optimumnya 700 mg/L dengan pengadukan cepat 150 rpm selama 2 menit dan pengadukan lambat 60 rpm selama 15 menit. dapat menurunkan konsentrasi COD 73,1% yang mana dari konsentrasi awal sebesar 4978,254 mg/L menjadi 1339,5 mg/L. Setelah ditambahkan 50 mg/L, % *removal* mengalami penurunan hal ini dapat dilihat pada **Gambar 2** karena sudah melewati dosis optimumnya.

Keefektifan koagulan kitosan cangkang kepiting dalam menurunkan konsentrasi COD juga didukung dengan penelitian dari Muniz, dkk (2017) dan (Okey-Onyesolu et al., 2020). Pada penelitian Muniz, dkk (2017) yang berjudul “didapatkan % *removal* COD sebesar 77,5% setelah penambahan koagulan kitosan cangkang kepiting dalam limbah cair *Solution Daily Effluent* (SDE) atau biasa dikenal dengan limbah domestik dari konsentrasi awal 3039,5 mg/L menjadi 369,5 mg/L. Penurunan konsentrasi COD tersebut pada penambahan koagulan kitosan dosis 73,34 mg/L dengan pengadukan cepat 120 rpm selama 1 menit dan pengadukan lambat 30 rpm selama 15 menit. Pada penelitian Onyesolu, dkk (dkk) didapatkan % *removal* COD sebesar 96% menggunakan kitosan cangkang kepiting yang diaplikasikan dalam limbah cair rumah potong hewan, dimana menurunkan konsentrasi COD awal 692 mg/L menjadi 27,83 mg/L. Penurunan konsentrasi *Chemical Oxygen Diamond* (COD) tersebut didapatkan pada penambahan koagulan dosis 300 mg/L dengan pengadukan cepat 250 rpm selama 2 menit dan pengadukan lambat 30 rpm selama 20 menit.

Penurunan COD disebabkan koagulan kitosan yang memiliki kemampuan untuk mengikat partikel tersuspensi sehingga partikel tersebut dapat diendapkan (Dewi et al., 2020) Dari hasil pengendapan flok inilah jumlah partikel tersuspensi dalam limbah akan berkurang dan jumlah oksigen dalam air akan mengikat kembali sehingga COD akan menurun. Penambahan dosis koagulan juga harus pada batas optimumnya agar penurunan COD dengan maksimal. (Li et al., 2020) menyatakan bahwa penambahan koagulan yang berlebihan akan merestabilisasi endapan polutan dan mengurangi performa flokulasi. Hal ini disebabkan penambahan muatan bahan organik yang berada di dalam limbah cair. Sehingga dibutuhkan lebih banyak oksigen untuk mengoksidasikan bahan-bahan organik tersebut yang mengakibatkan oksigen terlarut di dalam limbah semakin berkurang.

Kecepatan pengadukan selain mempengaruhi penurunan TSS juga mempengaruhi dalam menurunkan nilai dari COD. Kecepatan pengadukan ini akan mempengaruhi banyaknya zat tersuspensi. Dengan terendapkannya zat tersuspensi melalui proses koagulasi menghasilkan efluen yang mengandung COD dengan konsentrasi yang rendah. Penyisihan COD terjadi akibat proses kimia saat koagulan berikatan dengan partikel penyebab COD (pada proses koagulasi). Selain itu penyisihan COD juga disebabkan proses flotasi yang mana proses ini menyebabkan terjadi turbulensi pada limbah yang membantu meningkatkan suplai oksigen (Masduqi dan Slamet, 2002). Penurunan oksigen ini diakibatkan adanya bakteri yang menggunakan oksigen tersebut sebagai bahan pembusukannya (Muhajir, 2013).

D. PENUTUP

Simpulan dan Saran

Hasil dari studi literatur yang dilakukan pada beberapa jurnal didapatkan bahwa koagulan kitosan yang mempunyai % *removal* TSS dan COD berasal dari cangkang kepiting dan udang. Penurunan nilai TSS dan COD yang paling besar menggunakan sampel limbah rumah potong hewan dengan masing-masing penurunan sebesar 94,8% dan 96% dengan kitosan cangkang kepiting. Penambahan dosis optimum untuk % *removal* TSS maupun COD yang paling tinggi yaitu dosis kitosan cangkang kepiting sebesar 300 mg/L dan kitosang kulit udang sebesar 300 mg/L. Waktu kontak yang optimum kitosan cangkang kepiting dan kulit udang sama yaitu 2 menit untuk pengadukan cepat dan untuk pengadukan lambat masing-masing 20 menit dan 30 menit. Kecepatan pengadukan yang optimum pada kitosan cangkang kepiting dan kulit udang masing-masing dengan 250 rpm dan 140 rpm untuk pengadukan cepat dan untuk pengadukan lambat masing-masing dengan 30 rpm dan 40 rpm.

Saran dari hasil studi literatur yang sudah dilakukan antara lain peningkatan kualitas kitosan terlebih bahan kitosan yang mempunyai nilai penurunan konsentrasi TSS dan COD paling tinggi sehingga dapat diaplikasikan untuk berbagai macam jenis limbah.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, H. A., & Jaeel, A. J. (2019). Chitosan as a Widely Used Coagulant to Reduce Turbidity and Color of Model Textile Wastewater Containing an Anionic Dye (Acid Blue). *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 584(1), 0–7.
- Aulia, Z., Sutrisno, E., & Hadiwidodo, M. (2016). Pemanfaatan Limbah

- Cangkang Kepiting Sebagai Biokoagulan Untuk Menurunkan Parameter Pencemar Cod Dan Tss Pada Limbah Industri Tahu. *Foreign Affairs*, 5(2), 1–12.
- Hossain, A. K. M. N. U., Sela, S. K., Saha, S., Das, A., Iqbal, S. F., & Hassan, M. N. (2018). Treatment of textile waste water using natural catalyst (chitosan and microorganism). *Journal of Textile Engineering & Fashion Technology*, 4(5), 320–325.
- Kalsum, S. U., & Indro, I. (2020). Pemanfaatan Limbah Udang (Kitosan) Sebagai Koagulan Alami Dalam Penurunan Parameter Air Gambut. *Jurnal Daur Lingkungan*, 3(1), 1.
- Kangama, A., Zeng, D., Tian, X., & Fang, J. (2018). Application of Chitosan Composite Flocculant in Tap Water Treatment. *Journal of Chemistry*, 2018(Dd).
- Kaur, B., Garg, R. K., & Singh, A. P. (2020). Treatment of Wastewater from Pulp and Paper Mill using Coagulation and Flocculation. *Journal of Environmental Treatment Techniques*, 9(1), 158–163.
- Li, M., Zhu, X., Yang, H., Xie, X., Zhu, Y., Xu, G., Hu, X., Jin, Z., Hu, Y., Hai, Z., & Li, A. (2020). Treatment of potato starch wastewater by dual natural flocculants of chitosan and poly-glutamic acid. *Journal of Cleaner Production*, 264.
- Marey, A. M. (2019). Effectiveness of chitosan as natural coagulant in treating turbid waters. *Revista Bionatura*, 4(2), 856–860.
- Mashitah, S. (2017). 16744-32425-1-Sm. *Jom FTeknik*, 4, 1–6.
- Meicahayanti, I., Marwah, M., & Setiawan, Y. (2018). Efektifitas Kitosan Limbah Kulit Udang dan Alum Sebagai Koagulan dalam Penurunan TSS Limbah Cair Tekstil. *Jurnal Chemurgy*, 2(1), 1.
- Momeni, M. M., Kahforoushan, D., Abbasi, F., & Ghanbarian, S. (2018).

- Using Chitosan/CHPATC as coagulant to remove color and turbidity of industrial wastewater: Optimization through RSM design. *Journal of Environmental Management*, 211, 347–355.
- Mustafiah, M., Darnengsih, D., Sabara, Z., & Abdul Majid, R. (2018). Pemanfaatan Kitosan Dari Limbah Kulit Udang Sebagai Koagulan Penjernihan Air. *Journal Of Chemical Process Engineering*, 3(1), 21.
- Okey-Onyesolu, C. F., Chukwuma, E. C., Okoye, C. C., & Onukwuli, O. D. (2020). Response Surface Methodology optimization of chito-protein synthesized from crab shell in treatment of abattoir wastewater. *Heliyon*, 6(10), e05186.
- Rao, D. (2015). Coagulation and Flocculation of Industrial Wastewater by Chitosan. *International Journal of Engineering and Applied Sciences*, 2(7), 257870.
- Renault, F., Sancey, B., Badot, P. M., & Crini, G. (2009). Chitosan for coagulation/flocculation processes - An eco-friendly approach. *European Polymer Journal*, 45(5), 1337–1348.
- Ruelas-leyva, J. P., Contreras-andrade, I., Sarmiento-sánchez, J. I., Licea-claveríe, A., Jiménez-lam, S. A., Cristerna-, Y. G., & Picos-corrales, L. A. (2017). *Research Article The effectiveness of. August 2016*.
- Saniy, T. H. S. P. (2017). *Cangkang Udang dan Metode Ozonasi (Studi Kasus : Lindi TPA Jatibarang , Kota Semarang)*. 6(1), 1–11.
- Sari, N. P., Ario, R., & Yulianto, B. (2018). *Efektifitas Kitosan dalam Penurunan Kadar Lipid pada Limbah Produksi Batik Desa Pencongan , Pekalongan*. 7(1), 35–41.
- Setiawan, A., Yunus, C. E., Ramadani, T. A., Mayangsari, N. E., Studi, P., & Pengolahan, T. (2019). *Disetujui : 03-12-2019*. 272–283.

Shabriyani Hatma, Setyawati Yani, & Suryanto, A. (2021). Optimalisasi Penggunaan Kitosan Limbah Kulit Udang Vannamei Sebagai Koagulan dalam Perbaikan Kualitas Air Danau. *Jurnal Indonesia Sosial Sains*, 2(2), 300–310.

Soviana, E., Irfan, M., & Siswanti, D. (2020). *Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia “Kejuangan” Pembuatan Kitosan dari Limbah Cangkang Kepiting untuk Mengolah Limbah Cair Tahu*. 14–15.