



PEMANFAATAN LIMBAH CANGKANG KEPITING SEBAGAI BIOKOAGULAN UNTUK MENURUNKAN PARAMETER PENCEMAR COD DAN TSS PADA LIMBAH INDUSTRI TAHU

Zainul Aulia^{*}, Endro Sutrisno^{}, Mochtar Hadiwidodo^{**}**

Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Diponegoro
Jl. Prof. H. Sudarto, SH Tembalang, Semarang, Indonesia 50
E-mail: alandaaulia@gmail.com

Abstrak

Limbah tahu yang dihasilkan dari proses produksi tahu masih mengandung konsetrasi pencemara COD dan TSS yang tinggi. Proses koagulasi dan flokulasi diharapkan dapat menurunkan konsentrasi pencemar tersebut. Pada penelitian ini penggunaan koagulan menggunakan biokoagulan dari kitosan cangkang kepiting (Brachyura). Proses penelitian dilakukan secara bertahap dimulai dari ekstraksi cangkang kepiting menjadi kitosan dengan proses deproteinasi, demineralisasi, dan deasetilasi, dilanjutkan dengan proses penelitian skala laboratorium dengan metode jartest.

Perlakuan penelitian berdasarkan dosis biokoagulan yaitu 0 mg/l, 50 mg/l, 100 mg/l, 150 mg/l, 200 mg/l, 250 mg/l, 300 mg/l, 350 mg/l, 400 mg/l, 450 mg/l, 500 mg/l, 550 mg/l, 600 mg/l, 650 mg/l, 700 mg/l, 750 mg/l, 800 mg/l, 850 mg/l, 900 mg/l, 950 mg/l dan 1000 mg/l, dengan parameter yang diamati yaitu COD dan TSS. Hasil penelitian yang didapatkan efisiensi penyisihan COD sebesar 73,09%, dan TSS 90,846%.

Kata Kunci: Cangkang Kepiting, Biokoagulan, Kitosan

Abstract

**UTILIZATION CRAB SHELL WASTE AS BIOKOAGULAN TO REDUCE
POLLUTANT CONCENTRATIONS of COD and TSS ON TOFU INDUSTRIAL
WASTE WATER**

Tofu waste generated from the production process out still contains high concentrations of COD and TSS pollution. Coagulation and flocculation process is expected to reduce the concentration of these pollutants. In this study use of coagulants using biocoagulant chitosan from crab shells (Brachyura). The research process carried out gradually start from the extraction of crab shells into chitosan by deproteination, demineralitation, and deasetilation., following by laboratory scale research using jartest methods.

1 | ^{*)} Penulis

| ^{**) Dosen Pembimbing}

Dose variation of biocoagulant are 0 mg/l, 50 mg/l, 100 mg/l, 150 mg/l, 200 mg/l, 250 mg/l, 300 mg/l, 350 mg/l, 400 mg/l, 450 mg/l, 500 mg/l, 550 mg/l, 600 mg/l, 650 mg/l, 700 mg/l, 750 mg/l, 800 mg/l, 850 mg/l, 900 mg/l, 950 mg/l dan 1000 mg/l and the parameter observed are COD and TSS. Based on results, efficiency removal of the concentration parameters COD is 73,09 % and TSS removal is 90,846%.

Keyword: Crab Shells, Biokoagulan, Chitosan

LATAR BELAKANG

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Tahu merupakan bahan makanan yang digemari masyarakat, baik masyarakat kalangan bawah maupun kalangan atas. Keberadaanya sudah lama diakui sebagai makanan yang sehat. Selain mengandung gizi yang baik tahu juga merupakan bahan makanan yang murah (Rizky, 2014).

Sumber pencemar yang terkandung di dalam limbah tahu adalah air bekas cucian dan perebusan kedelai. Studi karakteristik awal air buangan limbah industri tahu yang telah dilakukan oleh Wardhani (2014) pada penelitian sebelumnya, zat organik yang terdapat dalam limbah cair industri tahu adalah COD 5190,91 mg/l, BOD 3543 mg/l, TSS 1198 mg/l dengan suhu berkisar antara 48°C

dan pH berkisar antara 4-5. Dengan kondisi tersebut maka air limbah industri tahu merupakan salah satu pencemar potensial apabila air limbah industri tahu langsung dibuang ke badan air (Wardhani, 2014).

Penggunaan koagulan dalam pengolahan limbah industri sudah menjadi hal yang umum dilakukan. Koagulan berfungsi untuk menurunkan kekeruhan dan mengikat kandungan solid yang ada dalam air (Harihin, 2014).

Selama ini koagulan yang sering digunakan adalah jenis koagulan kimia seperti tawas, PAC dan lain-lain. Seiring dengan meningkatnya kesadaran manusia akan kesehatan lingkungan maka koagulan alami mulai banyak diteliti, karena penggunaan koagulan kimia memberikan dampak yang tidak baik

bagi manusia dan lingkungan. Salah satu biokoagulan yang dikembangkan adalah kitosan yang berasal dari hewan kelas *Crustacea*, *artrophoda*, *gastrophoda*, dan lain-lain (Nasution, 2014).

Kepiting adalah hewan anggota *Crustacea* berkaki sepuluh dari infraordo *Brachyura*. Kepiting belum dimanfaatkan secara maksimal hanya sebatas dari konsumsi daging kepiting yang menjadi komoditas ekspor. Dalam cangkang kepiting terdapat kitin yang menjadi bahan utama pembuatan kitosan (Nugraheni 2014).

Tujuan

1. Mengetahui besar penurunan konsentrasi pencemar COD dan TSS pada proses koagulasi flokulasi dengan menggunakan kitosan dari ekstrak cangkang kepiting.
2. Mengkaji efisiensi penurunan kadar COD, dan TSS pada limbah cair industri tahu dengan menggunakan biokagulan ekstrak cangkang kepiting.
3. Mengetahui faktor-faktor yang dapat mempengaruhi proses koagulasi-flokulasi.

Tinjauan Pustaka

Limbah Tahu

Industri tahu dalam proses pengolahannya menghasilkan limbah baik limbah padat maupun cair. Limbah padat dihasilkan dari proses penyaringan dan penggumpalan. Sedangkan limbah cairnya dihasilkan dari proses pencucian, perebusan, pengepresan dan pencetakan tahu, oleh karena itu limbah cair yang dihasilkan sangat tinggi (Zahra, 2014).

Limbah cair tahu dengan karakteristik mengandung bahan organik tinggi, suhu mencapai 40°C-46°C, kadar BOD_5 (6.000-8.000 mg/l), COD (7.500-14.000 mg/l), TSS dan pH yang cukup tinggi pula. Jika langsung dibuang ke badan air, maka akan menurunkan daya dukung lingkungan. Sehingga industri tahu memerlukan suatu pengolahan limbah yang bertujuan untuk mengurangi resiko beban pencemaran yang ada (Wardhani, 2014).

Koagulasi Flokulasi

Koagulasi adalah proses pengadukan yang tujuannya untuk mencampur bahan kimia dan air limbah. Pada proses ini koloid yang

sudah terdestabilisasi akan terjadi saling tarik menarik sehingga cenderung membentuk gumpalan yang lebih besar (Binnie, 2003).

Flokulasi secara umum disebut juga pengadukan lambat dimana dalam flokuasi ini berlangsung proses terbentuknya penggumpalan flok-flok yang lebih besar dan akibat adanya perbedaan berat jenis terhadap air, maka flok-flok tersebut dapat dengan mudah mengendap (Joko, 2010).

Koagulasi dan flokulasi merupakan sebuah proses yang melibatkan proses fisika dan kimia. Proses kimia meliputi pencampuran koagulan, proses ionasi, pengikatan senyawa dan pertukaran muatan (Tchobanoglou, 2003).

Sedangkan proses fisika yang terjadi adalah proses aglomerasi partikel dan pengendapan dengan gravitasi. Koloid adalah partikel antara suspensi dan partikel terlarut yang memiliki ukuran yang lebih kecil dari 1 mikron. Koloid di dalam air ada yang memiliki muatan ada yang bermuatan negatif dan ada pula yang bermuatan positif (Binnie, 2003).

Kitosan

Kitosan merupakan senyawa polisakarida yang diekstrak dari kitin yang ditemukan dalam hewan dan memiliki eksoskeleton, dalam dinding sel jamur dan ganggang. Kitosan merupakan senyawa yang diambil dari kitin yang merupakan polisakarida terbanyak kedua setelah selulosa. Meski demikian kitosan juga dapat ditemukan langsung dalam dinding sel jamur. Dalam struktur kimia sederhana kitosan adalah 2-dioxy 2-amino turunan dari selulosa. Perbedaan dari kitin, kitosan adalah grup aminonya memiliki gugus asetil yang banyak, yang menyebabkannya bersifat *hydrophobic*, sedangkan kitosan yang merupakan kitin yang telah dideasifikasi sehingga memiliki gugus asetil yang lebih sedikit dalam grup aminonya dimana kisaran kehilangan asetil setelah proses deasifikasi mencapai 40-100% (Younes, 2014).

Kitosan merupakan biopolymer poli [β -(1-4)-2-amino-2-deoksi-D-glukopiranosa], bersifat kationik dan dapat terurai dengan baik di lingkungan. Kitosan memiliki gugus amina (NH_2) yang bersifat

nukleofil kuat yang menyebabkan kitosan dapat digunakan sebagai polielektrolit yang bersifat multifungsi dan berperan pada pembentukan flok (Kumari, 2014).

Pembuatan Kitosan

Proses pembuatan Kitin terdiri dari dua langkah yaitu proses deproteinasi dan demineralisasi kemudian dilanjut dengan proses deasetilasi untuk mendapatkan hasil akhir berupa kitosan. Beberapa penelitian menggunakan proses yang berbeda-beda, ada yang melakukan proses demineralisasi terlebih dahulu kemudian deproteinasi atau sebaliknya. Pilhan pengolahan tergantung dari penggunaan kitosan. Secara alami kitin berikatan dengan protein, lemak, pigmen dan cadangan kalsium (Sinardi, 2013).

Deproteinasi

Deproteinasi adalah pemisahan protein yang terdapat dalam cangkang dengan senyawa kitinya. Berbagai jenis asam amino protein terdapat dalam cangkang sebagai penyusun dinding sel yang melekat dalam cangkang. Asam amino protein yang cenderung memiliki muatan negatif memiliki

kereaktifan terhadap atom logam terutama pada golongan logam yang memiliki afinitas terbesar. Salah satu logam golongan utama yang potensial untuk mengeliminasi protein adalah Natrium (Na) karena atom Na terdapat pada golongan satu yang merupakan atom alkali. Atom Natrium didapat dari ionisasi basa NaOH dalam air dimana ion Na^+ akan digunakan untuk mengikat protein yang terdapat dalam cangkang (Sinardi, 2013).

Demineralisasi

Proses demineralisasi bertujuan untuk memisahkan mineral organic yang terkait pada bahan dasar, yaitu CaCO_3 sebagai mineral utama dan $\text{Ca(PO}_4\text{)}$ dalam jumlah minor. Mineral tersebut dieliminasi oleh asam kuat yang ditambahkan dalam serbuk cangkang. Mineral kalsium yang terdapat dalam senyawa kitin akan berikatan dengan ion klorin dari asam klorida membentuk garam klasimus klorida (CaCl_2) reaksi ini juga melepaskan hasil samping berupa gas karbon dioksida dan air (Sinardi, 2013).

Deasetilasi

Grup acetamido yang terdapat dalam gugus polisakarida

kitin cenderung lebih tahan terhadap degradasi dalam suasana basa. Oleh karena itu dengan pertimbangan akan hasil akhir dari polisakarida yang akan dihasilkan maka proses deasetilasi kitosan dari kitin dilakukan dalam suasana basa. Proses deasetilasi dilakukan dengan memberikan basa dengan konsentrasi tinggi. Reaksi deasetilasi bertujuan untuk memutuskan gugus asetyl yang terikat pada nitrogen dalam struktur senyawa kitin untuk memperbesar persentase gugus amina dalam kitosan (sinardi, 2013).

METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi adalah prosedur atau cara yang terdiri dari beberapa tahapan dan ditempuh untuk mencapai suatu tujuan tertentu. Metodologi penelitian merupakan sebuah alur yang sistematis dalam sebuah penelitian, hal ini dimaksudkan agar diperoleh hasil yang optimal sesuai dengan tujuan penelitian.

a. Bahan yang Digunakan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah serbuk cangkang kepiting, asam klorida 1N,

NaOH 3,5% dan 50%, asam asetat 1%.

b. Cara Kerja

Deproteinasi

Sebanyak 100 gram serbuk cangkang kepiting direndam dalam NaOH 3,5% dengan perbandingan 1:10 (b:v) sambil diaduk menggunakan magnetic stirrer dan dipanaskan pada suhu 65°C selama 2 jam. Selanjutnya padatan disaring dengan penyaring kain dan dicuci dengan menggunakan aquadest sampai pH netral dan dikeringkan dalam oven selama 24 jam.

Demineralisasi

Hasil dari deproteinasi kemudian direndam dalam HCl pekat 1N dengan perbandingan 1:15 (b/v) dan diaduk dalam magnetic stirrer selama 2 jam sambil dipanaskan pada suhu 65 °C. selanjutnya padatan disaring dan dicuci dengan aquadest sampai pH netral dan dikeringkan dalam oven selama 24 jam.

Deasetilasi

Hasil dari demineralisasi kemudian direndam dalam NaOH 50% dengan perbandingan 1:10 dan diaduk sambil diapanaskan pada suhu 100 °C selama 2 jam. Kemudian hasilnya disaring dan dicuci dengan aquades

sampai pH netral dan dioven selama 24 jam. Hasilnya berupa kitosan.

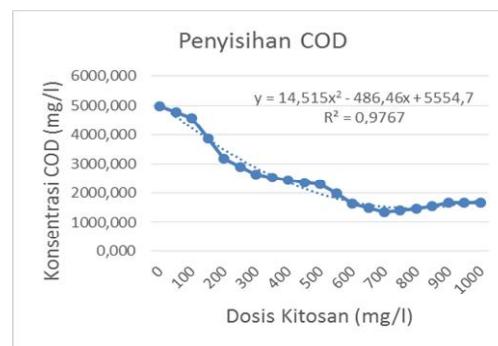
Prosedur jartest

Ke dalam gelas kimia 1000 ml dimasukkan sampel air limbah kemudian ditambahkan koagulan kitosan dengan variasi dosis 50 mg/l, 100 mg/l, 150 mg/l, 200 mg/l, 250 mg/l, 300 mg/l, 350 mg/l, 400 mg/l, 450 mg/l, 500 mg/l, 550 mg/l, 600 mg/l, 650 mg/l, 700 mg/l, 750 mg/l, 800 mg/l, 850 mg/l, 900 mg/l, 950 mg/l dan 1000 mg/l dan dilakukan prosedur jartest dengan kecepatan pengadukan cepat 150 rpm selama 2 menit dan pengadukan lambat 60 rpm selama 15 menit dilanjutkan dengan pengendapan selama 30 menit.

Hasil dan Pembahasan

Penyisihan Konsentrasi COD

Nilai COD menggambarkan total oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi bahan organik secara kimiawi, baik yang dapat didegradasi secara biologi maupun yang sukar didegradasi menjadi CO_2 dan H_2O .



Gambar 1 Grafik Penyisihan COD

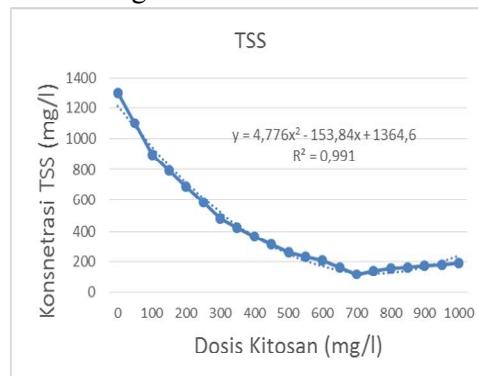
Dari grafik dapat dilihat bahwa hasil penurunan konsentrasi COD setelah dilakukan penambahan koagulan kitosan terjadi penurunan. Konsentrasi awal COD adalah 4978,254 mg/L setelah dilakukan penambahan koagulan kitosan terjadi penurunan konsentrasi yang berbeda dari tiap variasi konsentrasi yang digunakan. Dosis yang dapat secara maksimal menyisihkan COD adalah dosis 700 mg/l dengan penyisihan konsentrasi COD sebesar 1339,590 mg/l.

Nilai dari zat organik dalam air turun setelah adanya proses koagulasi-flokulasi. Zat organik pada umumnya tersusun atas unsur-unsur C,H,dan O dalam beberapa hal mengandung N,S,P. unsur-unsur ini membentuk senyawa koloid dalam air sehingga dengan adanya proses koagulasi-flokulasi unsur-unsur

tersebut dapat terendapkan (Ramadhani, 2013).

Penyisihan Konsentrasi TSS

Padatan tersuspensi terdiri dari komponen terendapkan, bahan melayang dan komponen tersuspensi koloid. Padatan tersuspensi mengandung bahan anorganik dan bahan organik.



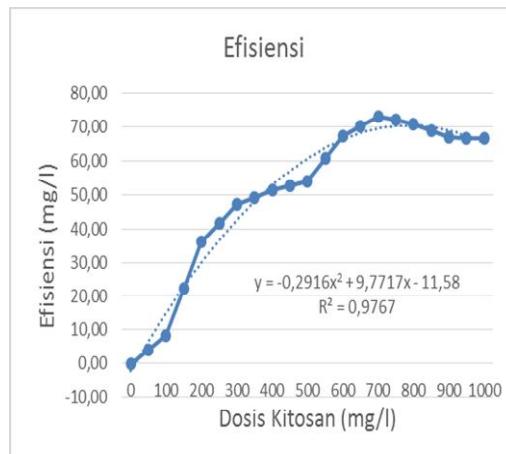
Gambar 2 Grafik Penyisihan TSS

Gambar 2 merupakan grafik yang menunjukkan penyisihan TSS akibat penambahan konsentrasi dosis koagulan kitosan. Dosis koagulan kitosan yang optimal dalam menurunkan konsentrasi TSS terdapat pada dosis 700 mg/l. Pada dosis ini koagulan dapat menurunkan konsentrasi dari konsentrasi awal 1300 mg/l menjadi 119 mg/l. konsentrasi TSS pada dosis 800 mg/l cenderung naik, hal ini disebabkan karena dosis koagulan sudah melewati batas optimumnya, pada proses pengikatan ion akan

mengalami kelebihan muatan positif yang terdapat dalam biokoagulan dan akan menyebabkan proses pengikatan antara ion koagulan dengan koloid tidak terjadi secara maksimal (Nasution, 2014).

Efisiensi Penurunan COD

Dosis koagulan yang tepat dapat menghasilkan efisiensi penyisihan yang maksimum.



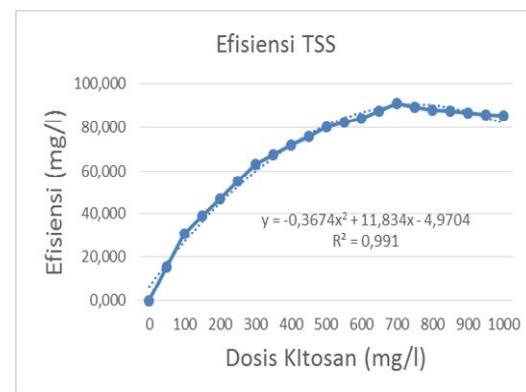
Gambar 3. Grafik Efisiensi Penyisihan COD

Dari grafik diatas dapat dilihat bahwa efisiensi penyisihan maksimal dari penggunaan biokoagulan adalah sebesar 73,09% yang didapat dari penambahan biokoagulan kitosan dengan dosis 700 mg/l. Pada penambahan dosis koagulan lebih dari 700 mg/l efisiensi penyisihan parameter COD cenderung menurun hal ini dapat disebabkan oleh kelebihan muatan

positif dari bahan koagulan sehingga pengikatan koloid yang mengandung zat organik kurang maksimal, begitupun sebaliknya pada penambahan dosis koagulan dibawah 700 mg/l efisiensi penyisihan parameter COD kurang maksimal yang disebabkan adanya kekurangan muatan positif dalam koagulan yang menyebabkan tidak terbentuknya flok yang dapat mengikat koloid yang mengandung zat organic, hal ini dapat berpengaruh terhadap efisiensi penyisihan COD pada limbah (Nugraheni, 2014).

Efisiensi Penyisihan TSS

Pada parameter TSS, dosis koagulan yang rendah akan menghasilkan penurunan konsentrasi TSS yang rendah pula sedangkan dosis yang tepat akan memberikan hasil yang maksimal dalam penurunan konsentrasi. Namun bila dosis koagulan yang diberikan berlebih maka akan menyebabkan penurunan konsentrasi berkurang dari dosis yang tepat.



Gambar 4 Efisiensi Penyisihan TSS

Dari grafik dapat dilihat pada dosis koagulan 700 mg/l didapat efisiensi maksimum sebesar 90,846%, pada penambahan dosis lebih besar dari 700 mg/l efisiensi penyisihan menurun menjadi 88%, hal ini dapat disebabkan oleh kelebihan muatan positif yang berasal dari koagulan. Sedangkan pada dosis dibawah 700 mg/l efisiensi belum mencapai maksimal yaitu sebesar 84,077%, hal ini dikarenakan kekurangan ion positif untuk mengikat partikel koloid yang terdapat dalam limbah (Harihin, 2014).

Faktor yang Mempengaruhi Proses Koagulasi Flokulasi

a. pH

Secara umum pH mengalami penurunan, penurunan pH disebabkan terdapatnya ion hidrogen

bebas yang dihasilkan dari proses hidrolisis yaitu ketika koagulan bereaksi dengan air. Maka semakin tinggi konsentrasi koagulan yang digunakan maka penurunan pH akan semakin tinggi (Nugraheni, 2014).

Pada penelitian ini pH yang terukur berada pada rentang 6-7 sehingga tidak berpengaruh pada kinerja koagulan kitosan dan masih dapat menyisihkan konsentrasi parameter pencemar COD dan TSS.

Pada pH lebih dari 7 kinerja koagulan cenderung menurun, hal ini terjadi karena adsorpsi partikel-partikel koloid dalam larutan berkurang sehingga menurunkan kemampuan kitosan dalam mengadsorpsi partikel dalam larutan (Manurung, 2011).

b. Suhu

Suhu air merupakan parameter fisik air yang mempengaruhi kehidupan biota perairan karena berkaitan dengan tingkat kelarutan oksigen, proses respirasi biota perairan dan kecepatan degradasi bahan pencemar (Nugraheni, 2014).

Hasil uji yang didapat menunjukkan suhu tidak terlalu berpengaruh terhadap proses

koagulasi flokulasi. Peningkatan suhu akan meningkatkan kecepatan gerak partikel dalam sistem sehingga semakin banyak tumbukan antar partikel yang dapat terjadi yang akhirnya mempercepat terbentuknya flok. Kenaikan suhu air umpan akan menaikkan kelarutan dari koagulan, sehingga ion aquametalik lebih cepat terbentuk, dan partikel-partikel koloid lebih cepat ternetralisir membentuk flok seiring dengan kenaikan suhu. (Karamah, 2011).

c. Kecepatan Pengadukan Cepat

Kecepatan pengadukan cepat yang tepat sangat penting dalam proses koagulasi, kurangnya kecepatan pengadukan akan menyebabkan koagulan tidak dapat terdispersi dengan baik. Dan juga kecepatan benturan partikel sebanding dengan percepatan, apabila kecepatan pengadukan besar dengan demikian percepatan besar, sehingga menghasilkan gaya geser yang tak terhingga, apabila percepatan besar akan menghasilkan gaya geser yang berlebihan dan mencegah penyusunan flok yang diinginkan (Karamah, 2011).

d. Kecapatan Pengadukan Lambat

Pengadukan lambat digunakan pada proses flokulasi,

untuk pembesaran inti flok atau gumpalan. Kecepatan pengadukan diturunkan perlahan agar gumpalan yang telah terbentuk tidak pecah lagi dan berkesempatan bergabung dengan yang lain membentuk gumpalan yang lebih besar. Penggabungan inti gumpalan sangat tergantung pada nilai gradient kecepatan.

e. Waktu Pengadukan

Waktu pengadukan dapat mempengaruhi hasil dari proses koagulasi dan flokulasi. Pada pengadukan cepat waktu pengadukan tidak lebih dari 120 detik untuk mendapatkan hasil koagulasi yang optimum.

Kesimpulan

1. Konsentrasi COD awal limbah tahu pada penelitian ini adalah 4978,254 mg/l dan TSS adalah 1300 mg/l, dapat disisihkan dengan penambahan biokoagulan dari kitosan cangkang kepiting. Penyisihan maksimum untuk parameter COD adalah pada penambahan dosis koagulan kitosan 700 mg/l yang dapat menyisihkan sampai 1339,590 mg/l dan parameter TSS pada dosis 700 mg/l dapat menyisihkan sampai 119 mg/l.
2. Efisiensi penurunan penyisihan parameter COD mencapai 73,09% pada penambahan dosis 700

mg/l, sedangkan pada parameter TSS efisiensi penyisihan mencapai 90,846% pada penambahan dosis 700 mg/l.

3. Faktor-faktor yang dapat mempengaruhi proses koagulasi flokulasi antara lain:

- a. pH
- b. Suhu
- c. Kecepatan Pengadukan Cepat
- d. Kecepatan Pengadukan Lambat
- e. Waktu Pengadukan

Daftar Pustaka

Harihin, Faruq, Miftahul. 2014, *Studi Penurunan COD, TSS, dan Kekeruhan Dengan Menggunakan Kitosan Dari Limbah Kerang Hijau Sebagai Biokoagulan Dalam Pengolahan Limbah Cair PT.Sido Muncul Tbk Semarang*.

Karamah, Eva Fathul. 2006, *Pralakuan Koagulasi pada Proses Pengolahan Air*

Nasution, Poso. 2014, *Studi Penurunan TSS Turbidity dan COD Dengan Menggunakan Kitosan Dari Limbah Cangkang Kerang Hijau Sebagai Biokoagulan Dalam Pengolahan Limbah*



Cair PT. Sido Muncul, Tbk.
Semarang.

Nugraheni, Dassy, Tri. 2014
Cangkang Udang Sebagai Biokoagulan untuk Penyisihan Turbidity, COD, dan BOD pada Pengolahan Limbah Farmasi PT Phapros TBK Semarang.

Ramadhany, Gary Intan. 2013,
Pemanfaatan Biji Asam Jawa (Tamarindus Indica) Sebagai Koagulan Alternatif Dalam Proses Menurunkan Kandungan COD, dan BOD Dengan Studi Kasus Pada Limbah Tahu dan Tempe

Rizki, Nevy. 2014, *Penurunan Konsentrasi COD dan TSS Pada Limbah Cair Tahu Dengan Teknologi Kolam (Pond) – Biofilm Menggunakan Media Biofilter Jaring Ikan dan Bioball.*

Sinardi, Soewandi, P. 2013
Pembuatan Karakteristik dan Aplikasi Kitosan dari Cangkang Kerang Hijau Sebagai Koagulan

Penjernih Air. Solo:
Universitas Sebelas Maret

Wardhani, Novita Kusuma. 2014,
Pemanfaatan Kolam (Pond) dan Media Filter Bio ball dan Jaring Ikan Untuk Menurunkan Konsentrasi COD dan TSS pada Limbah Cair Tahu.

Wardhani, Widayastuti K. 2014.
Khitin Rajungan Sebagai Biokoagulan Dalam Penurunan Turbidity, COD, BOD, dan TSS Dalam Pengolahan Air Limbah Farmasi PT. Phapros Tbk. Semarang

Zahra, Shabrina Arika. 2014,
Pemanfaatan Kolam (Pond) dan Media Filter Bio ball dan Jaring Ikan Untuk Menurunkan Konsentrasi COD dan BOD pada Limbah Cair Tahu.