

## PEMANFAATAN KITOSAN DARI CANGKANG RAJUNGAN SEBAGAI BIOKOAGULAN PADA AIR LIMBAH INDUSTRI TAHU

Firman Windhono\*, Muhammad Milzam Dzaky, Retno Dewati, AR Yelvia Sunarti

Program Studi Teknik Kimia Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur  
Jalan Raya Rungkut Madya No.1 Gunung Anyar, Surabaya, Jawa Timur 60249, Indonesia  
Penulis korespondensi: windhono.firman@gmail.com

### Abstrak

Cangkang rajungan mengandung senyawa kitin dan kitosan yang dapat digunakan sebagai biokoagulan, yaitu biopolimer yang dapat digunakan secara komersial untuk membran yang berfungsi sebagai bahan koagulan dan flokulan. Kandungan kitin pada cangkang rajungan mencapai 22,66%. Zat kitin pada cangkang rajungan diproses menjadi biokoagulan untuk menyerap kandungan senyawa organik di dalam limbah produksi tahu, sehingga nilai chemical oxygen demand (COD) di dalam limbah tahu akan berkurang. Konsentrasi COD pada limbah produksi tahu mencapai 1017,35 mg/L, sehingga akan mengakibatkan pencemaran perairan. Penambahan biokoagulan dengan metode koagulasi-flokulasi dapat mengurangi kadar COD. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui jumlah dosis optimum dalam pembuatan biokoagulan. Metode penelitian menggunakan tiga tahapan yaitu demineralisasi, deproteinasi, dan deasetilasi. Penelitian dilakukan dengan mengambil sampel limbah dari hasil produksi tahu dan ditambahkan biokoagulan menggunakan metode koagulasi dan flokulasi. Berdasarkan hasil penelitian, diperoleh penambahan biokoagulan 0,4 g:250 ml memiliki efisiensi yang terbaik yaitu 99,5%, sehingga dapat menurunkan kadar COD sebesar 1017,35 mg/L menjadi 4,893 mg/L. Hal ini telah sesuai dengan standar baku mutu yang telah ditetapkan, sehingga pencemaran lingkungan perairan berkurang.

**Kata kunci:** biokoagulan; cangkang rajungan; kitin; kitosan

## UTILIZATION OF CHITOSAN FROM CRAMB SHELL AS A BIOCOAGULANT IN INDUSTRIAL WASTEWATER TOFU

### Abstract

The crab shell contains chitin and chitosan compounds which can be used as bio coagulants, namely biopolymers that can be used commercially for membranes that function as a coagulant and flocculant materials. The chitin content in the crab shell reaches 22.66%. The chitin substance in crab shells is processed into a bio coagulant to absorb the content of organic compounds in tofu production waste so that the value of Chemical Oxygen Demand (COD) in tofu waste will decrease. The concentration of COD in tofu production waste reaches 1017.35 mg/L, which will results in water pollution. The addition of bio coagulants with the coagulation-flocculation method can reduce COD levels. The purpose of this study was to determine the optimal number of doses in the manufacture of bio coagulants. The research method uses three stages, namely demineralization, deproteination, and deacetylation. The research was conducted by taking samples of waste from tofu production and adding bio coagulants using coagulation and flocculation methods. Based on the research results, it was found that the addition of bio coagulant 0.4 g:250 ml had the best efficiency of 99.5%, so it could reduce COD levels by 1017.35 mg/L to 4.893 mg/L. This is under the quality standards that have been set so that pollution of the aquatic environment is reduced.

**Keywords:** biocoagulant; crab shell; chitin; chitosan

### PENDAHULUAN

Indonesia adalah negara dengan perairan yang sangat luas, ditambah dengan sumber daya yang melimpah. Salah satunya adalah komoditas rajungan, bahkan diekspor keluar. Pada tahun 2011, ekspor

rajungan di Indonesia sebanyak 250 juta dollar AS, mengalami peningkatan sekitar 10-20% dari tahun sebelumnya. Pada tahun 2010, ekspor rajungan di Indonesia yaitu 208,4 juta dollar AS (Kementerian Kelautan & Perikanan, 2011). Rajungan ini biasanya diekspor dalam keadaan beku, dimana dilakukan

pemisahan kepala dan cangkang rajungan. Sehingga, dari kegiatan ini menghasilkan limbah rajungan yang begitu cukup banyak dan dibuang begitu saja, yang dapat menyebabkan pencemaran lingkungan.

Meminimalkan bahan limbah dan meningkatkan pemanfaatannya kembali menjadi bahan yang berharga dan berkelanjutan secara biologis adalah hal yang menantang para peneliti dan ilmuwan. Kitin adalah polisakarida terbanyak kedua setelah selulosa. Kitin adalah polisakarida yang tersebar luas di alam dan diproduksi setiap tahun sebanyak selulosa. Itu yang utama komponen struktural dari eksoskeletons hewan seperti serangga dan krustasea dengan kerangka luar itu antara lain udang, kepiting, dan lobster. Lebih dari 1011 ton per tahun kitin diproduksi setiap tahun di perairan lingkungan. Pemanfaatan limbah ini untuk energi terbarukan produk seperti biopolimer kitin dan turunannya adalah peluang tujuan ganda. Oleh karena itu, kepiting, udang, squilla dan limbah sisik ikan adalah bahan baku ide untuk sintesis kitin. Ekstrak kitin dari cangkang kepiting dapat digunakan untuk menghasilkan produk turunan kitin, seperti sebagai kitosan juga untuk film bioplastik dan struktur nano. Cangkang kepiting mengandung 25-30% kitin, 25% protein, 40-50% kalsium karbonat. Pembuangan limbah ini dapat menimbulkan masalah berat bagi kehidupan manusia sehingga perlu dilakukan penelitian pengolahan limbah cangkang kepiting dalam sintesis kitin (Pandharipande dan Bhagat, 2016).

Limbah rajungan yang dihasilkan berupa limbah padat berupa cangkang atau kulit dan limbah cair berupa air rebusan. Peningkatan ekspor rajungan setiap tahunnya, mengakibatkan jumlah limbah yang dihasilkan juga akan semakin meningkat. Selama ini, belum ada dilakukan pengolahan limbah secara efektif untuk mengurangi pencemaran lingkungan. Setelah dilakukan pengkajian, cangkang rajungan mengandung senyawa kitin dan kitosan yang dapat digunakan sebagai biokoagulan, yaitu biopolimer yang dapat digunakan secara komersial untuk membran yang berfungsi sebagai penukar ion, untuk pemurnian air, sebagai bahan baku benang bedah yang digunakan pada operasi plastik, dan juga sebagai bahan koagulan dan flokulan.

Kitin merupakan salah satu polimer yang potensial yang sangat multifungsi. Kitin memiliki keunggulan yaitu mempunyai sifat biokompatibilitas, biodegradabilitas, *non*-toksisitas dan sifat adsorpsi. Namun, biofungsionalitas zat kitin dibatasi oleh proses kelarutannya (Busyairi, 2014).

Selain senyawa kitin, juga terdapat senyawa kitosan yang bisa digunakan untuk mengurangi kekeruhan dalam air hingga 90,37% apabila dibandingkan dengan tawas, dengan konsentrasi yang sama, hanya mampu mengurangi kekeruhan air sebesar 54,21% (Manurung, 2011).

COD dan BOD penting dalam pengendalian kandungan total pencemaran dan pengelolaan

lingkungan perairan. Hal ini untuk mengetahui tingkat tercemarnya suatu lingkungan perairan terhadap kandungan relatif bahan organik (Qiong, 2009). Aspek biokimia yang umum diuji dan dapat digunakan untuk menentukan kadar air pencemaran adalah dengan melihat kandungan oksigen yang terlarut dalam air. Permintaan oksigen kimia (COD) dan permintaan oksigen biokimia (BOD) merupakan kriteria yang paling banyak digunakan untuk penilaian kualitas air (Jouanneau, dkk., 2014).

Sehingga penting untuk penelitian lebih lanjut dan mengembangkan metode penentuan yang sederhana dan cepat COD dan BOD. Selain itu, pembuangan air limbah kota dan industri serta pertanian dan drainase industri yang mengandung bahan organik di sumber air dapat menyebabkan berkurangnya oksigen terlarut (DO) dan kebutuhan oksigen biokimia (BOD) (Hassan, dkk., 2014).

Salah satu industri yang menyebabkan lingkungan perairan tercemar adalah buangan air limbah industri tahu. Kegiatan industri ini dapat menghasilkan senyawa yang berbahaya bagi kehidupan hewan peliharaan, biota air dan manusia. Sehingga, perlu dilakukan penanganan lebih lanjut untuk mengurangi pencemaran lingkungan perairan.

### Kitosan

Kitosan memiliki banyak sifat fisikokimia (OH reaktif dan kelompok  $\text{NH}_2$ ) dan biologis (biokompatibel, biodegradable) sifat yang membuatnya menjadi bahan yang menarik untuk digunakan dalam berbagai aplikasi. Properti ini meliputi: biodegradabilitas, kurangnya toksisitas, efek anti jamur, luka percepatan penyembuhan, dan stimulasi sistem kekebalan tubuh. Karena sifat biologis dan kimia tersebut, kitosan memiliki kemampuan untuk mengikat bahan tertentu termasuk kolesterol, lemak, protein, ion logam, dan bahkan sel tumor. Hal ini memungkinkan kitosan untuk digunakan sebagai *chelating* agen dalam berbagai aplikasi (Senel dan McClure, 2004).

Kitosan dapat dikatakan berkualitas apabila memiliki standar mutu yang baik, dan parameternya dapat dilihat dari pengukuran kadar abu yaitu jumlah mineral yang terkandung, Standar mutu kadar abu kitosan yang telah ditetapkan oleh Protan Biopolimer, yakni sebesar <2%, kadar air  $\leq 10\%$ , kadar nitrogen  $\leq 5\%$ , derajat deasetilasi dari kitosan adalah  $\geq 70\%$  (Zahiruddin, 2008).

### Kogulasi dan Flokulasi

Proses koagulasi dan flokulasi banyak digunakan dalam air dan pengolahan air limbah. Tujuan utamanya adalah untuk menghilangkan partikel koloid tersuspensi dan untuk mengurangi kekeruhan di badan air (Choy, dkk., 2014). Proses ini biasanya berlangsung dalam reaktor kimia dimana air influen atau air limbah masuk ke bak dan bercampur dengan bahan koagulan menggunakan *mechanical*

*mixer*, dilanjutkan dengan proses sedimentasi untuk menghilangkan partikulat melalui *gravity settling* (Hammer dan Hammer, 2004).

Metode koagulasi dan flokulasi adalah salah satu metode yang bertujuan untuk mengurangi bahan pencemar dalam wujud koloid di dalam perairan. Metode ini dilakukan dengan penambahan koagulan yang bersifat sebagai pengikat partikel yang terkandung pada perairan. Koagulan ini dapat berupa senyawa anorganik, organik, dan anionik (Gebbie, 2005).

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk memproduksi/mensintesis kitosan dari cangkang rajungan sebagai biokoagulan. Selain itu, juga untuk mengetahui pengaruh penambahan biokoagulan terhadap penurunan kadar COD pada limbah perairan industri tahu

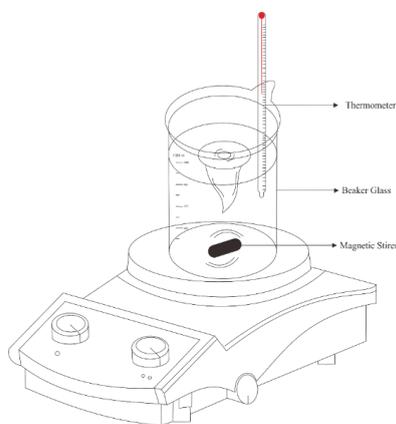
## METODE PENELITIAN

### Bahan

Pada penelitian ini, bahan yang digunakan adalah cangkang rajungan yang diambil dari Desa Kradenan di kota Tuban, air limbah industri tahu dengan COD awal sebesar 1017,35 mg/L (6,5 L), aquadest, asam klorida 1N, natrium hidroksida 3N.

### Alat

Rangkaian alat koagulasi-flokulasi dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Alat koagulasi-flokulasi

### Prosedur

#### Pembuatan Biokoagulan

Cangkang rajungan dicuci dan dikeringkan pada suhu 80°C menggunakan oven selama 24 jam. Kemudian, cangkang rajungan yang sudah kering dihaluskan dan diayak dengan ayakan berukuran 50 mesh.

#### Demineralisasi

Proses demineralisasi dilakukan dengan cara penambahan HCL 1N (1:7 terhadap 250 ml air limbah) ke dalam serbuk cangkang rajungan. Kemudian, diaduk selama 1 jam pada suhu 90°C, dan

didinginkan serta disaring. Residu yang tersaring dicuci menggunakan aquadest hingga pH netral dan dikeringkan dalam oven 60°C selama 4 jam.

#### Deproteinasi

Proses deproteinasi dilakukan dengan penambahan basa yaitu NaOH dengan konsentrasi 3N ke dalam kitin kasar hasil demineralisasi. Perbandingan yang digunakan yaitu 1:10 (250 ml air limbah). Kemudian diaduk pada suhu 90°C selama 1 jam. Setelah itu didinginkan dan disaring. Residu yang dihasilkan dilakukan pencucian dengan menggunakan aquadest hingga pH netral. Selanjutnya dikeringkan pada suhu 60°C di oven selama 4 jam.

#### Deasetilasi

Proses deasetilasi dilakukan dengan pelarutan zat kitin hasil proses deproteinasi ke dalam NaOH 50%, menggunakan perbandingan 1:20 (250 ml air limbah). Kemudian dilakukan pengadukan pada suhu 140°C selama 2 jam. Setelah itu didinginkan dan disaring. Residu hasil penyaringan kemudian dilakukan pencucian menggunakan aquadest hingga pH netral. Selanjutnya dikeringkan pada suhu 60°C di oven selama 4 jam.

#### Koagulasi-flokulasi

Proses koagulasi dilakukan dengan cara menambahkan air sampel limbah tahu sebanyak 250 ml, kemudian dilakukan pengukuran pH COD, sebagai data awal sebelum penambahan kitosan. Setelah itu, penambahan kitosan dengan dosis 0,1 gr; 0,2 gr; 0,3 gr; 0,4gr; dan 0,5 gr ke dalam air sampel disertai dengan pengadukan 400rpm selama 15 menit, 30 menit, 45 menit, 60 menit, dan 75 menit. Kemudian dibiarkan selama 30 menit dan disaring. Kemudian, diukur kembali COD filtratnya, untuk melihat penurunan kadar COD.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, diperoleh data seperti ditunjukkan pada Tabel 1. Data nilai hasil pengukuran parameter berupa kadar air, kadar abu, kadar nitrogen, dan derajat deasetilasi.

Pada Tabel 1 menunjukkan baku mutu kitosan yang dihasilkan. Nilai kadar air, kadar abu, kadar nitrogen dan derajat deasetilasi berturut-turut adalah 3,76 %; 3,35%; 4,33% dan 62,19 %. Nilai ini semua sudah sesuai dengan baku mutu yang diperbolehkan. Nilai kadar air menunjukkan bahwa nilai dari kadar uji lebih rendah dibandingkan karakteristik kitosan komersial dengan nilai kadar air  $\leq 10\%$ . Suptijah (2011) menyebutkan kadar air yang rendah dikarenakan cara pengeringan yang sudah baik dan benar. Pengaruh dari nilai kadar air yaitu proses pengeringan, lama pengeringan, jumlah kitosan yang dikeringkan, luas tempat pengeringan dan sarana pengeringan.

**Tabel 1.** Baku mutu kitosan

Parameter	Baku Mutu	Hasil Sampel
Kadar Air	≤ 10%	3,76%
Kadar Abu	≤ 2%	3,35%
Kadar Nitrogen	≤ 5%	4,33%
Derajat Deasetilasi	≥ 70%	62,19%

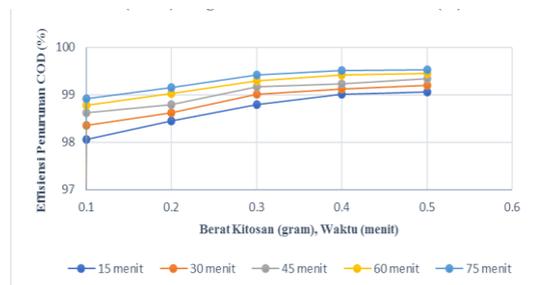
Pada Tabel 1 menunjukkan bahwa nilai kadar abu di atas mutu yang dipersyaratkan yaitu 2,35%. Kadar abu menunjukkan kandungan mineral yang terkandung dalam kitosan sehingga akan mempengaruhi produk akhir. Faktor-faktor yang mempengaruhi jumlah kadar abu dalam kitosan adalah kualitas air yang digunakan ketika proses pencucian kitosan serta efektif atau tidaknya proses demineralisasi yang dilakukan. Proses penetrasi pH yaitu pencucian menggunakan aquades setelah proses pelarutan menggunakan asam kuat maupun basa kuat juga berpengaruh terhadap kadar abu. Kadar abu dapat menurun karena terbuang bersama air apabila mineral terlepas dari bahan yang akan berikatan dengan pelarut.

Sedangkan nilai kadar nitrogen yang diperoleh sudah memenuhi standar mutu yang telah dipersyaratkan yaitu 4,33%. Kitosan terbukti mampu untuk difungsikan sebagai zat dalam mengikat air dan terlarut dalam asam asetat (Karamah, 2006). Meningkatkan jumlah kandungan nitrogen dalam kitosan, maka fungsinya akan semakin menurun. Basa kuat yang digunakan adalah NaOH dengan konsentrasi yang tinggi. Tingginya konsentrasi NaOH yang digunakan dan lamanya proses deproteinasi, maka reaksi antara protein dengan larutan Na-protein akan lebih sempurna, sehingga semakin banyak protein yang dikeluarkan.

Derajat deasetilasi yang diperoleh untuk cangkang rajungan adalah 82,19%. Derajat deasetilasi kitosan yang diuji tersebut telah sesuai dengan baku mutu kitosan yaitu ≥70% (Suptijah, 2011). Derajat deasetilasi dapat menentukan jumlah gugus asetil yang hilang menggunakan proses deasetilasi. Apabila nilai dari derajat deasetilasi tinggi maka tingkat kemurnian kitosan yang dihasilkan semakin tinggi dan semakin banyak jumlah gugus amina pada molekul kitosan. Hal ini dikarenakan oleh kitosan semakin reaktif karena gugus amina yang dapat menggantikan gugus asetil semakin banyak (Sinardi, 2013).

Dari Gambar 2 dapat diketahui bahwa hubungan dosis kitosan dengan variabel 0,1gr; 0,2gr; 0,3gr; 0,4gr; dan 0,5gr terhadap penurunan kadar COD. Dimana pada Gambar 2 menunjukkan bahwa pada saat pengadukan, semakin banyak dosis yang diberikan pada limbah cair tahu maka semakin kecil nilai COD yang diperoleh. Selain itu, pada Gambar 2 juga dapat dilihat bahwa hubungan waktu kontak (menit) dengan variabel 15; 30; 45; 60; dan 75 terhadap penurunan kadar COD, dimana pada grafik

menunjukkan bahwa pada saat pengadukan, semakin lama waktu kontak antara kitosan dengan limbah cair tahu maka semakin kecil nilai COD yang diperoleh. Hal ini menunjukkan bahwa pada grafik telah menunjukkan kesesuaian dengan teori terdahulu.



**Gambar 2.** Hubungan antara dosis kitosan, waktu kontak dengan kadar COD

Penurunan konsentrasi COD disebabkan oleh faktor dosis koagulan. Hal ini karena zat kitin sebagai biokoagulan yang memiliki sifat biologis yang mampu untuk menyerap dan mengikat partikel-partikel tersuspensi (zat organik) sehingga partikel tersebut dapat mengendap (Nugraheni, 2014). Banyak jumlah biokoagulan yang ditambahkan, maka juga akan semakin banyak jumlah zat organik yang dapat diserap oleh biokoagulan ini dan yang terendapkan di dalam air.

Pada variabel waktu kontak menurut Lestari (2019) bahwa semakin lama waktu pengadukan maka partikel-partikel koloid akan saling menarik dan menggumpal membentuk flok-flok yang semakin banyak sehingga penyisihan padatan tersuspensi semakin besar yang mengakibatkan konsentrasi bahan organik yang terdapat pada limbah cair semakin menurun.

Berdasarkan data dan grafik tersebut dapat dilihat bahwa efisiensi penyisihan maksimal dari penggunaan biokoagulan adalah sebesar 99,5% yang didapat dari penambahan biokoagulan kitosan dengan dosis 0,4gr per 250 ml sampel limbah atau 1,6gr per air sampel limbah. Penambahan dosis 0,4gr, biokoagulan dapat menyisihkan COD sebesar 99,5% atau 1012,35 mg/L. Pada jumlah dosis koagulan lebih dari 0,4gr, maka nilai penurunan kadar COD yang dihasilkan juga semakin kecil. Hal ini disebabkan oleh kelebihan muatan positif yang terdapat pada bahan koagulan, sehingga mengakibatkan kurang maksimalnya dalam mengikat zat koloid yang mengandung senyawa organik, begitu juga sebaliknya. Jika dosis koagulan yang digunakan kurang dari 0,4gr, efisiensi penurunan parameter kadar COD juga kurang maksimal. Hal ini disebabkan oleh sedikitnya ion bermuatan positif dalam biokoagulan, sehingga menyebabkan flok-flok yang memiliki muatan negatif tidak terserap semua oleh biokoagulan. Sehingga akan mempengaruhi kadar COD dalam limbah yang dihasilkan.

## SIMPULAN

Biokoagulan dapat dibuat dari cangkang rajungan melalui proses demineralisasi, deproteinasi, deasetilasi dengan hasil sesuai standart mutu kitosan yaitu memiliki kadar air 3,76%, kadar abu 2,35%, kadar nitrogen 4,33%, serta derajat deasetilasi 82,19%. Biokoagulan dapat menurunkan kadar COD sebesar 1017,35 mg/L pada limbah air pengolahan tahu menjadi 4,893 mg/L yang telah sesuai dengan baku mutu yaitu <350 mg/L. Semakin banyak penambahan dosis koagulan dan waktu kontak maka akan semakin turun nilai COD dari limbah tahu.

## SARAN

Kadar abu kitosan yang dihasilkan masih mendekati baku mutu, sehingga harus lebih diperhatikan proses penetralan kitosan dengan air. Proses penetralan dapat mempengaruhi kadar abu dengan terlepasnya mineral-mineral dari bahan kemudian akan terikat oleh pelarut sehingga mineral dapat terlarut.

## DAFTAR PUSTAKA

- Bastaman. 1989. Studies on degradation and extraction of chitin and chitosan from prawn shells. England (UK): The Queen University of Belfast.
- Busyairi, M. 2014. Pengolahan Limbah Cair Dengan Parameter Total Suspended Solid (TSS) dan Warna Menggunakan Biokoagulan (Limbah Cangkang Kepiting). Surakarta. Jurnal Sains & Teknologi Lingkungan.
- Choy, S. Y., Prasad, K. M. N., Wu, T. Y., Raghunandan, M. E., & Ramanan, R. N. 2014. *Utilization of plant-based natural coagulants as future alternatives towards sustainable water clarification*. Journal of Environmental Sciences (China), 26(11), 2178–2189.
- Gebbie, P. (2005). A dummy's guide to coagulants. 68th Annual Water Industry Engineers and Operators' Conference
- Hadiwidodo, M., Aulia, Z., Sutrisno, E & 2011, *Pemanfaatan Limbah Cangkang Kepiting Sebagai Biokoagulan Untuk Menurunkan Parameter Pencemar COD dan TSS Pada Limbah Industri Tahu*, Jurnal Teknik Lingkungan, 5(2):7
- Hammer, M.J. and Hammer, Jr. M.J. 2004. Water and Wastewater Technology In: Wastewater Processing. (5th ed). Pearson Prentice Hall: Ohio.
- Hassan R P, Noorollah M and Mehdi M. 2014. *Determination of Biochemical Oxygen Demand (BOD) Without Nitrification and Mineral Oxidant Bacteria Interferences by Carbonate Turbidimetry*. Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences.
- Jouanneau S, Recoules L and Durand A B. 2014. *Methods for assessing biochemical oxygen Karamah, Eva Fathul. 2006, Pralakuan Koagulasi pada Proses Pengolahan Air demand (BOD)*. Water Research.
- Lestari, P.N., & Linggawati, A, 2019, Pengaruh Waktu Pengadukan Cepat Pada Koagulasi Menggunakan Metode Pengaduk Magnetik, *Jurnal Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam*.
- Nugraheni, Dessy, & Tri, 2014, Cangkang Udang Sebagai Biokoagulan untuk Penyisihan Turbidity, COD, dan BOD pada Pengolahan Limbah Farmasi PT Phapros TBK Semarang, Semarang.
- Pandharipande, S., & Bhagat, P. H. 2016. *Synthesis of chitin from crab shells and its utilization in preparation of nanostructured film*. Synthesis, 5(5), 1378-1383.
- Qiong, Y. 2009. *Simultaneous Determination of Chemical Oxygen Demand (COD) and Biological Oxygen Demand (BOD) in Wastewater by Near-Infrared Spectrometry*. J. Water Resource and Protection, 4 286-289.
- Sari, W, Silvia, R, & Farida, H, 2014, Pemanfaatan kitosan dari cangkang rajungan (*portonius sanguinolentus l.*) Sebagai pengawet ikan kembung (*rastrelliger sp*) dan ikan lele (*clarias batrachus*), Jurnal Teknik Kimia USU, 3(4), 2-3.
- Senel S, McClure SJ. 2004. *Potential applications of chitosan in veterinary medicine*. Adv Drug Deliv Re. ; 56(10): 1467-80
- Sinardi, Soewandi, P. 2013 Pembuatan Karakteristik dan Aplikasi Kitosan dari Cangkang Kerang Hijau Sebagai KoagulanPenjernih Air. Solo: Universitas Sebelas Maret
- Suptijah P, et. al. 1992. *Pengaruh Berbagai Metode Isolasi Kitin Kulit Udang terhadap Kadar dan Mutunya*. Laporan Akhir Penelitian. Bogor : Fakultas Perikanan, Institut Pertanian Bogor.
- Zahiruddin, W, et.al.2008. Karakteristik Mutu Dan Kelarutan Kitosan Dari Ampas Silase Kepala Udang Windu (*Penaeus Monodon*). Teknologi Hasil Perikanan. Vol 11. No 2. 143-148.