

## Efektifitas Kitosan dalam Penurunan Kadar Lipid pada Limbah Produksi Batik Desa Pencongan, Pekalongan

Nita Puspita Sari\*, Raden Ario, Bambang Yulianto

Departemen Ilmu Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro  
Jl. Prof. H. Soedarto S.H, Tembalang, Semarang, Jawa Tengah 50275 Indonesia

\*Corresponding author, e-mail: sari.nitapuspita94@gmail.com

**ABSTRAK** : Kesenian batik saat ini telah berubah menjadi industri yang berkembang pesat. Produksi batik menghasilkan limbah cair yang bisa membahayakan lingkungan, salah satu adalah lipid. Kandungan lipid dalam limbah produksi batik diketahui berada dalam jumlah yang cukup besar. Sehingga perlu dilakukan upaya pengelolaan limbah lipid tersebut. Salah satunya dengan menggunakan kitosan. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui kemampuan kitosan dalam menurunkan kadar lipid pada limbah produksi batik dan menentukan kadar kitosan paling efektif dari variasi konsentrasi yang digunakan. Penelitian ini menggunakan rancangan acak lengkap dengan tiga kali pengulangan dan taraf perlakuan berupa A (0,05%), B (0,5%) dan C (5%). Perlakuan yang dilakukan adalah dengan mereaksikan larutan kitosan dengan sampel air limbah selama 30 menit dengan menggunakan pengaduk magnetik. Selanjutnya dilakukan uji gravimetri untuk penentuan kadar lipid. Analisis data yang dilakukan adalah uji anova dengan *software* SPSS. Hasil penelitian menunjukkan bahwa setiap perlakuan mampu menurunkan kadar lipid pada limbah produksi batik. Variasi kitosan memberikan pengaruh nyata terhadap kadar lipid dimana semakin besar konsentrasi kitosan yang digunakan maka kandungan lipid dalam limbah produksi batik semakin sedikit. Perlakuan dengan konsentrasi 5% merupakan perlakuan yang mampu menurunkan kadar kitosan paling baik yaitu pada kisaran 87.81% sampai 92.57%. Kitosan dengan konsentrasi 5% menurunkan kadar lipid dari 100,90 mg/L menjadi 7,50 mg/L.

**Kata kunci** : Kitosan, Lipid, Limbah batik

### *The Effectiveness of Chitosan in Reducing Lipid Levels in Batik Production Waste in Pencongan Village, Pekalongan*

**ABSTRACT** : Batik art has turned into a rapidly growing industry. Batik production produce waste that could endanger an environment, one ingredient is lipid. Lipids are compounds that are not able to mix with water and difficult to degrade. Lipid content in the waste of batik production is known to be in large enough quantities. So it is necessary to process the waste management use chitosan. The aim of this study was to determine the ability of chitosan in decrease lipid levels in the waste of batik production and determine the most effective chitosan levels of the concentrations used. This study uses a completely randomized design with three replications and standard of treatment in the form of A (0.05%), B (0.5%) and C (5%). The treatment is carried out by reacting the chitosan solution with wastewater samples for 30 minutes using magnetic stirrer. Chitosan solution is obtained by mixing chitosan powder with a solution of acetic acid. Gravimetric method used to determine the lipid levels. The data analysis that used was anova test with SPSS software. The results showed that each treatment can decrease lipid levels in the waste of batik production. Variations chitosan significantly effect the lipid levels where the bigger concentration of chitosan has the less lipid levels in the waste of batik production. 5% chitosan was the most effective treatment in this study to decrease the lipid levels in the range between 87.81% to 92.57%. Chitosan concentration of 5% can decrease lipid from 100.90 mg / L to 7.50 mg / L.

**Keywords**: Chitosan, Lipid, Batik Water Waste

## PENDAHULUAN

Kesenian batik berdasarkan Konsensus Nasional 12 Maret 1996 adalah karya seni rupa pada kain dengan teknik pewarnaan rintang, yang menggunakan lilin batik sebagai perintang warna (Nurdalia, 2006). Batik berkembang dengan sangat baik di berbagai wilayah di Indonesia sedangkan di Jawa Tengah sendiri memiliki pusat industri batik seperti Solo dan Pekalongan. Berdasarkan data Produk Unggulan Daerah Pekalongan Periode 2004 – 2005, terdapat 611 industri batik. Salah satunya merupakan kawasan *homeindustry* batik di desa Pencongan, Pekalongan. Wilayah ini hampir seluruh penduduk desanya memiliki usaha pembuatan batik.

Proses pembuatan batik di Indonesia secara garis besar terdiri dari 2 pekerjaan utama yaitu pelekatan lilin batik dan pewarnaan. Proses pelekatan lilin pada kain dilakukan untuk membuat motif batik yang dikehendaki, dengan cara menuliskan menggunakan canting tulis atau dengan cara di capkan menggunakan canting cap. Agar dapat dituliskan pada batik, maka lilin batik perlu dipanaskan dahulu pada suhu  $\pm 60^{\circ} - 70^{\circ}\text{C}$ . Lilin batik yang sering digunakan bukan merupakan lilin murni tetapi merupakan campuran dari parafin, mikrokristalin, lilin lebah (*beeswax*), atau resin (getah damar) (Asri, 2012). Proses selanjutnya adalah pewarnaan batik, dimana proses ini dapat berupa pekerjaan mencelup, coletan atau lukisan (*painting*).

Kesenian batik ini kemudian berkembang menjadi industri yang menjanjikan dengan semakin banyaknya permintaan atas batik. Aktivitas industri batik disamping memberikan dampak positif juga memberikan dampak negatif. Industri batik kemudian menjadi industri penghasil limbah cair yang sangat besar dan kompleks karena proses produksinya menghasilkan bermacam-macam air limbah. Dalam proses produksinya, industri ini menghasilkan limbah cair yang jumlahnya mencapai 80% dari seluruh jumlah air yang dipergunakan dalam proses pembatikan (Wartini, 2009).

Banyaknya produsen batik, baik yang besar maupun yang berskala rumah tangga, memiliki kesamaan yaitu menghasilkan limbah cair batik, dengan kandungan zat warna, zat padat tersuspensi, BOD (Biological Oxygen Demand), COD (Chemical Oxygen Demand), minyak dan lemak yang perlu pengolahan sebelum dibuang ke badan air. Lipid sebagai salah satu penyusun limbah produksi batik bisa membahayakan keadaan lingkungan. Lipid adalah sekelompok senyawa heterogen, meliputi lemak, minyak, steroid, malam (*wax*), dan senyawa-senyawa lain yang terkait. Sifat umum lipid antara lain tidak larut dalam air dan larut dalam pelarut non polar seperti misalnya eter dan kloroform (Sofro dan Dito, 2013).

Lipid yang merupakan bahan organik bersifat tetap dan sukar diuraikan bakteri. Limbah ini membuat lapisan pada permukaan air sehingga membentuk selaput. Karena tidak dapat larut dalam air, maka sisa akan tetap mengapung di air, kecuali jika terdampar ke pantai atau tanah di sekeliling sungai. Lapisan minyak yang menutupi permukaan air akan menghalangi penetrasi sinar matahari ke dalam air. Selain itu, lapisan minyak juga dapat mengurangi konsentrasi oksigen terlarut dalam air karena fiksasi oksigen bebas menjadi terhambat. Akibatnya, terjadi ketidakseimbangan rantai makanan di dalam air (Nugroho, 2006).

Dalam upaya penanganan pencemaran di lingkungan bisa memanfaatkan bahan – bahan organik sebagai pendegradasi. Salah satu yang bisa dimanfaatkan adalah penggunaan kitosan. Kitosan merupakan biopolimer alam yang penting dan bersifat polikationik sehingga dapat diaplikasikan dalam berbagai bidang seperti absorben logam, penyerap zat warna tekstil, bahan pembuatan kosmetik, serta agen antibakteria (Bhuvana, 2006). Sifat biokompatibel, biodegradable dan nontoksik yang dimiliki kitosan menjadi dasar pemanfaatan senyawa ini dalam industri ramah lingkungan.

Pemanfaatan kitosan dalam pengelolaan air limbah dilakukan melalui proses koagulasi. Koagulasi adalah penyerapan bagian dari suatu koloid menjadi berbagai bentuk yang lebih besar sehingga mampu mengendap. Suatu koloid diperoleh dari pemanasan sehingga bagian – bagian yang lebih besar menjadi berkembang dan mendesak bagian – bagian yang kecil. Selama proses koagulasi berlangsung dibutuhkan senyawa yang reaktif di sepanjang rantainya. Prayudi dan Susanto (2000) menyatakan bahwa senyawa kimia yang dapat digunakan sebagai bahan kogulan biasanya adalah senyawa yang mempunyai molekul berukuran besar dan mempunyai gugus reaktif disepanjang rantainya, misalnya selulosa, protein dan senyawa polimer lainnya. Kitosan

merupakan turunan dari selulosa sehingga kitosan memiliki struktur yang mirip dengan selulosa dimanagugus hidroksilnya digantikan oleh gugus amina (Ahmad, 1992).

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui kemampuan kitosan dalam menurunkan kadar lipid pada limbah batik dan untuk mengetahui kadar kitosan yang paling baik dalam menurunkan kadar lipid pada limbah batik. Hasil dari penelitian ini diharapkan mampu memberikan gambaran tentang pengaplikasian kitosan dalam penanggulangan bahan pencemar lingkungan, khususnya dalam upaya penurunan kadar lipid dalam limbah batik.

## MATERI DAN METODE

Materi yang digunakan dalam penelitian ini adalah sampel air limbah batik. Sampel air limbah batik yang digunakan merupakan air limbah produksi batik yang berasal dari *home industry* batik di Desa Pencongan, Kabupaten Pekalongan. Kitosan yang digunakan merupakan kitosan komersial yang berasal dari karapas udang yang diperoleh dari CV. Biochitosan Indonesia.

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimental laboratorium. Metode ini merupakan suatu prosedur penelitian yang dilakukan untuk mengungkap hubungan sebab akibat dua peubah atau lebih dengan mengandalkan peubah yang lain (Zulnaidi, 2007).

Rancangan percobaan yang digunakan Rancangan Acak Lengkap dimana waktu kontak antara sampel dan larutan kitosan adalah 30 menit. Penelitian ini menggunakan 3 taraf perlakuan dan pengulangan sebanyak 3 kali. Taraf perlakuan yang digunakan adalah variasi konsentrasi kitosan antara 0,05%; 0,5% dan 5%.

Prosedur pelaksanaan penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut: Melakukan uji pendahuluan kadar Slipid pada air limbah batik dari Desa Pencongan, Kabupaten Pekalongan. Uji kadar lipid dilakukan dengan menggunakan metode gravimetric. Menyiapkan uji kemampuan kitosan dalam penurunan kadar lipid pada sampel dengan campuran larutan kitosan dan sampel dengan rincian sebagai berikut: (A) larutan kitosan konsentrasi 0,05% (0,05 gram kitosan dalam 100 ml asam asetat 1%); (B) larutan kitosan konsentrasi 0,5% (0,5 gram kitosan dalam 100 ml asam asetat 1%); (C) larutan kitosan konsentrasi 5% (5 gram kitosan dalam 100 ml asam asetat 1%); (D) kontrol (air limbah 500 ml). Mencampurkan 100 ml larutan kitosan dan 500 ml sampel kemudian diaduk dengan pengaduk magnetik selama 30 menit pada kecepatan 250 rpm. Selanjutnya dilakukan pengulangan pada masing – masing konsentrasi. Hasil akhir kemudian diuji kadar lipid menggunakan metode gravimetri.

Data hasil penelitian selanjutnya diolah menggunakan *software* SPSS. Hasil pengolahan data selanjutnya dianalisis normalitas dan homogenitasnya sebagai pra syarat penerapan uji ANOVA. Uji ANOVA dilakukan untuk mengetahui perbedaan antar peubah. Apabila terdapat perbedaan maka akan dilakukan uji lanjutan yang bertujuan untuk melihat dimana perbedaan tersebut (Sudjana, 1982).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Uji pendahuluan yang telah dilakukan menunjukkan bahwa kadar lipid pada air limbah batik desa Pencongan adalah 80 mg/L. Nilai ini tergolong berada di atas ambang batas, dimana Pemerintah Provinsi Jawa Tengah dalam Peraturan Daerah Provinsi Jawa Tengah No 5 Tahun 2012), telah menerapkan bahwa nilai ambang batas kandungan lipid pada industry tekstil dan batik adalah 3 mg/L.

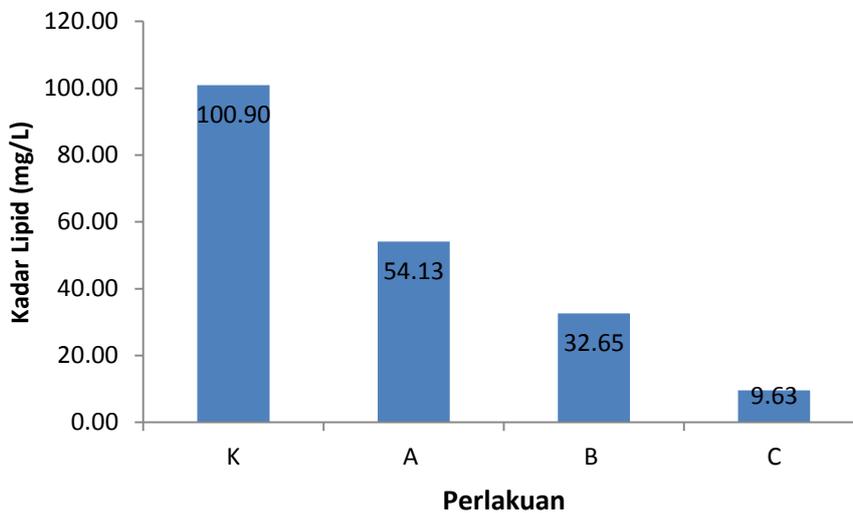
Hasil uji kadar lipid pada air limbah produksi batik desa Pencongan, Pekalongan menunjukkan nilai 100,90 mg/L (Tabel 1). Nilai tersebut kemudian dijadikan nilai kontrol dalam percobaan. Limbah selanjutnya ditambahkan larutan kitosan dengan variasi konsentrasi yaitu 0,05%, 0,5% dan 5%. Hasil penggunaan larutan kitosan dalam menurunkan kadar lipid pada limbah batik desa Pencongan, Pekalongan menunjukkan bahwa adanya perbedaan kadar lipid pada masing-masing perlakuan. Perlakuan A dengan konsentrasi kitosan 0,05% mengandung kadar lipid berada pada kisaran 50.40 – 57.30 mg/L. Sedangkan pada penggunaan kitosan 0,5% kadar minyak diketahui antara 29.60 – 35.70 mg/L. Penggunaan kitosan 5% mengandung kadar lipid 7,50 – 12,30 mg/L.

**Tabel 1.** Kandungan Lipid pada Limbah Produksi Batik Desa Pencongan, Pekalongan

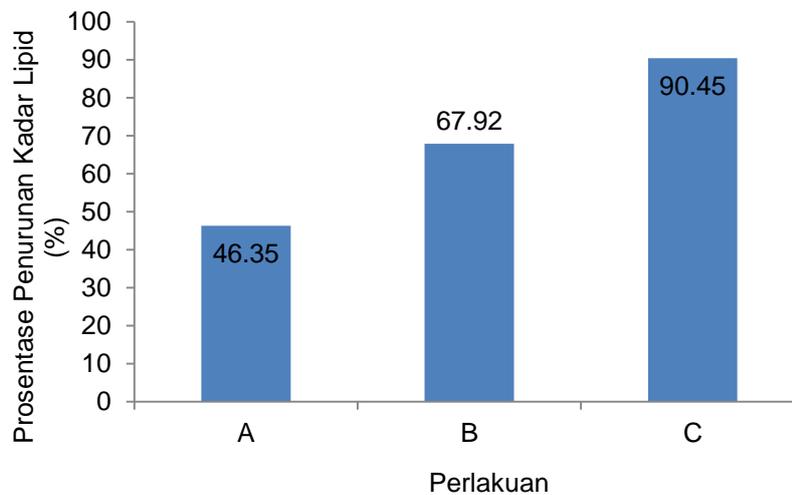
Ulangan	A (mg/L)	B (mg/L)	C (mg/L)
1	54,70	29,60	9,10
2	50,40	35,70	12,30
3	57,30	31,80	7,50
Jumlah	162,40	65,30	28,90
rataan	54,13	32,65	9,63
standar deviasi	3,48	4,31	2,44

Keterangan: Perlakuan A 0,05%, B 0,5% dan C 5%

Gambar 1 menunjukkan bahwa dengan penambahan kitosan memberikan perubahan kadar lipid pada limbah batik. Sehingga bisa dinyatakan bahwa semakin tinggi konsentrasi kitosan yang digunakan dalam air limbah batik, maka semakin sedikit kadar lipid yang terkandung dalam air limbah batik.



**Gambar1.** Histogram Kadar Lipid pada Limbah Produksi Batik setelah Penambahan Kitosan  
Keterangan: Perlakuan A 0,05%,B 0,5% dan C 5%



**Gambar 2.** Histogram Prosentase Kadar Lipid pada Limbah Produksi Batik setelah Penambahan Kitosan. Keterangan: Perlakuan A 0,05%,B 0,5%, dan C 5%

Penerapan penggunaan kitosan pada limbah batik berbagai konsentrasi menunjukkan adanya penurunan kadar lipid. Hal tersebut diketahui dari adanya kenaikan prosentase penurunan kadar lipid (Gambar 2). Histogram prosentase penurunan menunjukkan bahwa prosentase paling besar penurunan terdapat pada penggunaan kitosan dengan konsentrasi 5% (C) yaitu sebesar 90,45% dimana kadar lipid bisa turun dari 100,90 mg/L menjadi 9,63 mg/L. Pada gambar 6 menunjukkan bahwa berdasarkan nilai rata-rata prosentase penurunan kadar lipid, perlakuan C memiliki prosentase paling besar. Perlakuan A dengan konsentrasi 0,05% mampu menurunkan lipid sebesar 67,92% kemudian pada perlakuan B dengan konsentrasi kitosan 0,05% memiliki prosentase penurunan lipid yang lebih besar dibanding perlakuan A yaitu sebesar 67,92%.

Semakin besar konsentrasi kitosan maka prosentase kadar lipid akan semakin besar. Berdasarkan Tabel 2 diketahui bahwa perlakuan A yaitu dengan menambahkan kitosan 0,05% pada limbah mampu menurunkan kadar lipid antara 43,21% sampai 50,05%. Sedangkan pada penambahan kitosan 0,5% (perlakuan B) menunjukkan bahwa kadar lipid mengalami penurunan sebesar 64,62% sampai 70,66%. Perlakuan C yaitu dengan menambahkan kitosan 5% pada limbah batik mengalami penurunan kadar lipid paling besar diantara perlakuan yang lain yaitu antara 87,81% sampai 92,57%. Tabel 2 menunjukkan bahwa perlakuan C merupakan perlakuan yang paling efektif menurunkan lipid karena prosentase penurunan kadar lipidnya sebesar 87,81% sampai 92,57%.

Hasil analisis varian parameter dengan menggunakan SPSS menunjukkan nilai probabilitas sebesar 0,000. Nilai probabilitas ini lebih kecil dari 0,05 sehingga bisa diambil kesimpulan bahwa ada pengaruh nyata antar variabel yang digunakan. Nilai tersebut menyatakan bahwa penggunaan kitosan dalam berbagai konsentrasi pada limbah batik maka mengakibatkan penurunan kadar lipid yang signifikan. Kemudian berdasarkan uji lanjutan yang dilakukan maka diketahui bahwa masing – masing perlakuan memiliki perbedaan nyata. Nilai beda nyata terkecil adalah 21,77 yaitu pada perlakuan A (konsentrasi kitosan 0,05%) dengan perlakuan B (0,5). Sedangkan perbedaan nyata paling besar adalah perlakuan C (konsentrasi 5%) dengan kontrol (tanpa kitosan), dimana nilainya adalah 91,27.

Berdasarkan hasil analisis menunjukkan bahwa adanya penurunan kadar lipid setelah air limbah batik ditambahkan dengan kitosan. Hal ini menunjukkan bahwa kitosan mampu melakukan koagulasi dalam penurunan kadar lipid pada limbah batik. Lipid yang terkandung dalam air limbah batik sebagian besar berasal dari proses pembentukan pola batik. Pembentukan pola pada kain batik dilakukan dengan menggunakan lilin (Nurdalia, 2006). Lipid yang terkandung pada air limbah tidaklah bercampur sempurna melainkan membentuk suatu lapisan minyak yang menempel di atas permukaan air. Keadaan ini mengakibatkan terbentuknya suatu gumpalan antara minyak dengan air limbah batik.

Schmuhl *et al* (2001) mengatakan bahwa mekanisme koagulasi dengan polimer atau polielektrolit adalah dengan adsorpsi dan jembatan antar partikel. Bila molekul polimer

**Tabel 2.** Prosentase Penurunan Kadar Lipid pada Limbah Produksi Batik Desa Pencongan, Pekalongan.

Perlakuan	Kadar Awal (mg/L)	Kadar Akhir (mg/L)	Selisih (mg/L)	Prosentase (%)
A1	100,90	54,70	46,20	45,79
A2	100,90	50,40	50,50	50,05
A3	100,90	57,30	43,60	43,21
B1	100,90	29,60	71,30	70,66
B2	100,90	35,70	65,20	64,62
B3	100,90	31,80	69,10	68,48
C1	100,90	9,10	91,80	90,98
C2	100,90	12,30	88,60	87,81
C3	100,90	7,50	93,40	92,57

Keterangan: Perlakuan A 0,05%, B 0,5% dan C 5%

bersentuhan dengan partikel koloid, maka beberapa gugusnya akan teradsorpsi pada permukaan partikel dan sisanya tetap berada pada larutan. Selanjutnya partikel tersebut akan terikat pada bagian lain dari rantai polimernya yang berfungsi sebagai jembatan yang dapat mengurung partikel-partikel dan membentuk flok-flok yang lebih besar sehingga dapat membawa partikel tersebut bersama-sama polimer kebawah dan diendapkan. Selama proses koagulasi berlangsung dibutuhkan senyawa yang reaktif di sepanjang rantainya.

Terdapat tiga tahapan penting yang diperlukan dalam proses koagulasi yaitu, tahap pembentukan inti endapan, tahap flokulasi, dan tahap pemisahan flok dengan cairan. Koagulasi dan flokulasi merupakan salah satu proses yang umum dilakukan dalam pengolahan limbah cair industri. Koagulasi adalah proses penambahan bahan kimia atau koagulan kedalam air limbah dengan maksud mengurangi daya tolak menolak antar partikel koloid, sehingga partikel-partikel tersebut dapat bergabung menjadi flok-flok kecil. Flokulasi adalah proses penggabungan flok-flok kecil hasil proses koagulasi menjadi flok-flok berukuran besar sehingga mudah mengendap (Syafri, 2009).

Prayudi dan Susanto (2000) menyatakan bahwa senyawa kimia yang dapat digunakan sebagai bahan koagulan biasanya adalah senyawa yang mempunyai molekul berukuran besar dan mempunyai gugus reaktif disepanjang rantainya, misalnya selulosa, protein dan senyawa polimer lainnya. Kitosan merupakan turunan dari selulosa sehingga kitosan memiliki struktur yang mirip dengan selulosa dimana gugus hidroksilnya digantikan oleh gugus amina (Ahmad, 1992). Karena sifat tersebut maka kitosan merupakan koagulan yang baik.

Farooq dan Velioglu (1989) menyatakan bahwa jembatan antar partikel terbentuk apabila dua atau lebih partikel teradsorpsi di sepanjang rantai polimer yang aktif. Kitosan diketahui sebagai rantai polimer yang memiliki gugus amina yang aktif. Gugus amina akan menarik ion – ion anionik dalam minyak sehingga kitosan akan mudah berikatan dengan minyak. Ikatan antara gugus amina dan ion anionik dalam minyak akan menyebabkan terbentuknya jembatan antar partikel (Sun, 2008). Pada akhirnya ikatan tersebut akan mengakibatkan adanya penurunan kadar lipid pada air limbah batik.

## KESIMPULAN

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan diketahui bahwa kitosan mampu menurunkan kadar lipid pada air limbah batik yang berasal dari Desa Pencongan, Pekalongan. Konsentrasi kitosan 5% mampu menurunkan lipid dengan kisaran prosentase antara 87,81% sampai 92,57%. Penurunan kadar lipid paling efektif diantara range perlakuan yang digunakan berada pada penggunaan larutan kitosan 5% yaitu sebesar 92,57%, dimana penurunan kadar lipid terjadi dari 100,90 mg/L menjadi 7,50 mg/L.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, F.B.H. and M.A Yarmo. 1992. Chitosan as an Absorbant of Free Fatty Acid in Palm Oil. Research Report, Department of Chemistry, Universiti Kebangsaan Malaysia, Kuala Lumpur.
- Asri, A. 2012. Design and development of semi automatic canting tool (Electrical). UMP Institutional Repository.
- Bhuvana, 2006. Studies on Frictional Behavior of Chitosan-Coated Fabrics Aux. Res.J., 123-130.
- Farooq, S and S.G. Velioglu. 1989. Physico-Chemical Treatment of Domestic Wastewater. Dalam P.N. Cheremisinoff (Editor). Encyclopedia of Environmental Control Technology. Vol. 3: Wastewater Treatment Technology. Gulf Publishing Company Book Division. Houston.
- Nugroho, A. 2006. Bioindikator Kualitas Air. Universitas Trisakti, Jakarta. Hal 10-13.
- Nurdalia, I. 2006. Kajian Dan Analisis Peluang Penerapan Produksi Bersih Pada Usaha Kecil Batik Cap (Studi kasus pada tiga usaha industri kecil batik cap di Pekalongan). [Tesis]. Universitas Diponegoro, Semarang.
- Pemerintah Propinsi Jawa Tengah. 2012. Peraturan Daerah Propinsi Jawa Tengah Nomor 5 Tahun 2012 tentang Perubahan Atas Peraturan Daerah Propinsi Jawa Tengah No. 10 Tahun 2004 Tentang Baku Mutu Air Limbah. Semarang.

- Prayudi, T dan J.P Susanto. 2000. Chitosan Sebagai Bahan Koagulan Limbah Cair Industri Tekstil. Jurnal Teknologi Lingkungan, 1(2): 121-125.
- Schmuhl, R., H.M.Krieg. and K.Keizer. 2001. Adsorption of Cu(II) and Cr(IV) ion by Chitosan: Kinetic and Equilibrium studies. Water.S.A. Vol. 27:1.
- Sofro, MAU dan A. Dito.2013. 5 Menit Memahami 55 Problematika Kesehatan. D-Medika, Jogjakarta.
- Sudjana. 1982. Metoda Statistika. Tarsito, Bandung.
- Sun, Gang-zheng and Chen Xi-guang. 2008. Preparation of H-oleoyl Carboxymethyl chitosan and the function as a coagulation agent for residual oil in aqueous system College of Marine Life Science, Ocean University of China, Qingdao 266003, China.
- Syafri. 2009. Pengaruh Kitosan Nano Partikel Terhadap Penurunan Kadar Minyak-Lemak, Nitrogen, Fosfor dan Kalium pada Air Limbah Industri Pabrik Kelapa Sawit. [Tesis]. Universitas Sumatera Utara, Medan.
- Wartini, 2009. Pengaruh Waktu Kontak Eceng Gondok (*Eichornia crassipes*) Terhadap Penurunan Kadar Cd dan Cr Pada Air Limbah Industri Batik (*Home Industry* Batik Di Desa Sokaraja Lor). Kota Purwokerto. Skripsi. Fakultas Kedokteran dan Ilmu-Ilmu Kesehatan Universitas Jenderal Soedirman, Purwokerto. Hal 63.
- Zulnaidi. 2007. Metode Penelitian. Universitas Sumatera Utara, Medan.