

## PENGOLAHAN LIMBAH CAIR DENGAN PARAMETER TOTAL SUSPENDED SOLID (TSS) DAN WARNA MENGGUNAKAN BIOKOAGULAN (LIMBAH CANGKANG KEPITING)

**Muhammad Busyairi**

Program Studi Teknik Lingkungan-Fakultas Teknik Universitas Mulawarman  
Jl. Sambaliung No.09 Kampus Gunung Kelua Samarinda 75119  
Telp./ Fax. : (0541) 736834/ 749315  
e-mail : busyairi22@gmail.com

### Abstrak

*Industri tekstil skala rumah tangga yaitu tenun sarung samarinda di kota Samarinda saat ini terus berkembang pesat. Industri tekstil tenun sarung samarinda dengan menggunakan Alat Tenun Bukan Mesin (ATBM) menimbulkan potensi dampak terhadap lingkungan perairan sekitar terutama parameter Total Suspended Solid (TSS) dan warna. Pemanfaatan limbah cangkang kulit kepiting sebagai biokoagulan (kadar 1%) dengan potensi kitosan 74,25%, ternyata dapat digunakan sebagai bahan pengolahan limbah cair dari proses pembuatan tenun sarung samarinda. Hasil analisis dari limbah cair awal untuk parameter TSS adalah 231 mg/l, warna 173,77 PtCo serta pH 5,31. Tahap selanjutnya untuk mengetahui efisiensi dari biokoagulan dilakukan eksperimen menggunakan jarrest, sebelum melakukan jarrest dilakukan penyesuaian pH untuk mengatur kondisi optimum proses pembentukan flok, pH awal adalah 5,31 untuk selanjutnya akan diatur dengan penambahan larutan  $\text{CaCO}_3$  (kapur) dengan kadar 2% sehingga didapat pH 7,15, selanjutnya proses koagulasi dengan dosis koagulan kitosan bervariasi dari 35 ml, 40 ml, 45 ml, 50 ml, 55 ml dan 60 ml untuk 1 liter air limbah dengan kecepatan 100 rpm selama 3 menit, proses flokulasi dengan kecepatan 40 rpm selama 12 menit dan selanjutnya akan diamati proses pembentukan flok dengan menggunakan imhoff cone atau kerucut imhoff dengan variasi waktu pengamatan pengendapan 10 menit, 20 menit, 30 menit, 40 menit, 50 menit dan 60 menit dalam satuan ml per volume sampel. Berdasarkan hasil akhir diperoleh volume lumpur yang terbentuk berdasarkan waktu pengamatan setelah melewati proses jarrest berkisar 630 ml/L hingga 270 mg/L pada kerucut imhoff, efisiensi penurunan untuk parameter TSS berkisar 87,50% hingga 93,53% dan untuk warna diperoleh efisiensi penurunan 33,51% hingga 42,09%. Dosis koagulan kitosan yang optimum adalah 35 ml dengan efisiensi penurunan parameter TSS sebesar 88,79% dengan volume lumpur yang terbentuk 270 ml/L, efisiensi penurunan parameter warna 35,49%. dan pH akhir dari air limbah adalah 4,98.*

**Kata Kunci:** Biokoagulan; Kitosan; Total Suspended Solid (TSS) dan Warna

### Pendahuluan

Perkembangan industri tekstil khususnya skala rumah tangga yaitu tenun sarung samarinda di kota Samarinda saat ini terus berkembang pesat dan terkonsentrasi pada kecamatan samarinda seberang, tepatnya pada kelurahan masjid. Industri tekstil tenun sarung samarinda dengan menggunakan Alat Tenun Bukan Mesin (ATBM) menimbulkan potensi dampak terhadap lingkungan perairan sekitar terutama parameter Total Suspended Solid (TSS) dan warna, hasil analisis dari limbah cair awal untuk parameter TSS adalah 231 mg/l, warna 173,77 PtCo serta pH 5,31. Potensi dampak limbah cair dari kedua parameter tersebut merupakan dampak langsung yang berasal dari persiapan bahan baku berupa benang, dimulai dari proses pembersihan bahan baku dengan cara dicuci sebelum diberi pewarna, pewarnaan benang dengan bahan pewarna sintesis serta proses pencucian setelah pewarnaan. Sebagai upaya untuk mengurangi potensi pencemaran yang berasal dari limbah cair proses persiapan bahan baku benang tenun sarung samarinda terutama untuk parameter TSS dan warna maka digunakan pemanfaatan limbah

cangkang kulit kepiting yang mengantung kitosan sebagai biokoagulan untuk menurunkan parameter tersebut. Menurut penelitian dari Harahap (2011) kitosan dari kulit udang mampu menurunkan kadar TSS hingga 71,21%, penelitian Arifin, dkk., (2012) kitosan dari kulit udang delta Mahakam mampu menurunkan kadar dari zat warna benang sarung samarinda mencapai 63,10%, hasil tersebut mendekati nilai penurunan dengan menggunakan koagulan  $\text{FeSO}_4$ .

Pemanfaatan limbah cangkang kulit kepiting sebagai biokoagulan merupakan sumber potensial pembuatan kitin dan kitosan (tergantung dari kualitas kitosan), yaitu biopolimer yang secara komersial mempunyai potensi untuk digunakan dengan tujuan ; membrane penukar ion, bahan pemurni air, bahan baku benang untuk operasi plastik/bedah, bahan powder untuk sarung tangan pembedahan dan koagulan dan flokulan (Prayudi dan Susanto, 2000). Limbah cangkang kulit kepiting mengandung protein 15,60-23,90%, kalsium karbonat 53,70-78,40% dan kitin 18,70-32,20% yang juga tergantung pada jenis kepiting dan tempat hidupnya (Puspawati dan Simpen, 2010). Kitin adalah polimer yang layak menjadi material fungsional sebab memiliki keunggulan dalam hal biokompatibilitas, biodegradabilitas, non toksik dan sifat adsorbsinya. Akan tetapi, biofungsional kitin dibatasi oleh proses kelarutannya (Junaidi, dkk., 2009). Menurut Wijaya, 2007 bahwa produksi kitin yang diperoleh dari limbah cangkang kulit kepiting melalui tiga tahap yaitu tahap deproteinasi (penghilangan protein), tahap demineralisasi (penghilangan mineral) dan tahap depigmentasi (pemutihan), sedangkan kitosan diperoleh dengan deasetilasi kitin, dimana gugus asetil pada kitin, oleh hidrogen diubah menjadi gugus amina dengan penambahan larutan basa kuat berkonsentrasi tinggi (Herwanto dan Santoso, 2006).

Berdasarkan latar belakang permasalahan potensi pencemaran air limbah dari industri rumah tangga tenun sarung samarinda serta potensi pemanfaatan limbah cangkang kulit kepiting sebagai biokoagulan, maka dirumuskan tujuan penelitian yaitu mengetahui kemampuan biokoagulan kitosan (kadar 1%) pada limbah cair tenun sarung Samarinda dengan parameter Total Suspended Solid (TSS) serta volume lumpur/flok yang terbentuk dan warna, serta penelitian ini dapat menentukan dosis optimum biokoagulan kitosan (kadar 1%) untuk parameter Total Suspended Solid (TSS) dan warna dengan pertimbangan dosis koagulan kitosan yang digunakan dan proses pembentukan lumpur.

### **Bahan dan Metode Penelitian**

Bahan penelitian menggunakan biokoagulan (limbah cangkang kepiting) yang memiliki derajat deasetilasi kitosan 74,25% dan sampel limbah cair tenun sarung Samarinda secara *Grab Sample* (sesaat) di salah satu pusat kerajinan tenun sarung Samarinda di Samarinda Seberang. Langkah setelah bahan penelitian ada dilakukan percobaan Jarrest, lalu analisa volume lumpur yang terbentuk, analisis parameter dari hasil biokoagulan dan penentuan dosis optimum.

### **Percobaan Jarrest**

1. Pemeriksaan pH sampel limbah cair dan dilakukan penyesuaian pH dengan penambahan larutan  $\text{CaCO}_3$  (kapur) dengan kadar 2 %.
2. Disiapkan 6 buah gelas beker masing-masing diisi sampel limbah cair sebanyak 1 liter, kemudian diletakkan pada alat jarrestserta memasukkan pengaduk kedalam gelas beaker yang berisi sampel limbah cair.
3. Disiapkan larutan koagulan (larutan kitosan) dengan kadar 1%.
4. Dimasukkan larutan koagulan ke dalam gelas beker yang berisi sampel limbah cair dengan variasi dosis yakni 35 ml hingga 60 ml dengan interval dosis 5 ml.
5. Kemudian diaduk dengan menggunakan alat jarrest pada putaran kecepatan 100 rpm, pengadukan dilakukan selama 3 menit.
6. Diturunkan kecepatan pengadukan pada alat jarrestsecara bertahap hingga 40 rpm, pengadukan dilakukan selama 12 menit.
7. Setelah pengadukan kemudian didiamkan bersamaan dengan dilakukannya pengamatan pada flok yang terbentuk untuk menentukan dosis optimum dari 6 dosis hasil jarrest.

Setelah melewati proses jarrest selajutnya adalah analisis volume lumpur yang terbentuk, dengan cara memasukkan sampel limbah cair sebanyak 1 liter yang telah dicampur koagulan dengan 6 dosis dari hasiljarrest ke dalam imhoff coneatau kerucut imhoff, lalu dilakukan pengendapan selama 60 menit dan dilakukan pengamatan pada volume lumpur yang terbentuk dengan variasi waktu pengamatan yakni 10 menit, 20 menit, 30 menit, 40 menit, 50 menit dan 60 menit.

Setelah dilakukan pengendapan selama 60 menit dengan menggunakan kerucut *imhoff*, sampel yang telah terpisah dengan flok/lumpur yang terbentuk pada prosesjartestkemudian dianalisa dengan parameter TSS dan warna berdasarkan uji laboratorium dengan standar SNI. Untuk penentuan kadar TSS didalam limbah cair menggunakan SNI 06-6989.3-2004 dengan metode gravimetric dan analisa warna menggunakan SNI 6989.80:2011 secara spektrofotometri. Dari hasil analisa karakteristik limbah cair tenun sarung Samarinda yang telah didapat sebelum dan setelah perlakuan dilakukan perhitungan efisiensi penanganan pada masing-masing parameter untuk mengetahui tingkat keberhasilan penggunaan koagulan dari limbah cangkang kepiting terhadap penanganan limbah cair tenun sarung Samarinda.

**Hasil dan Pembahasan**

**Volume Lumpur**

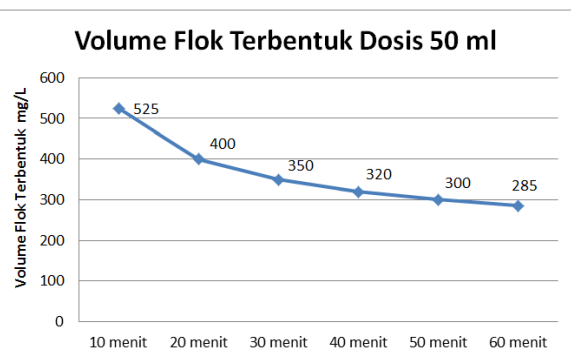
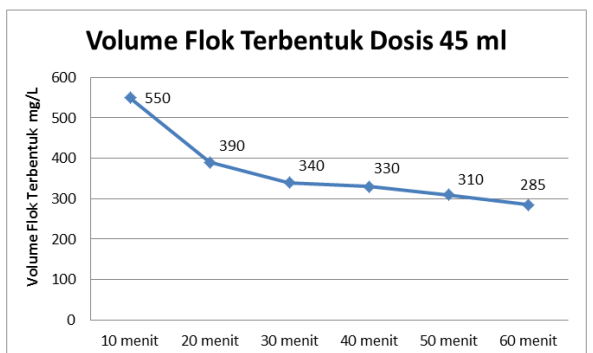
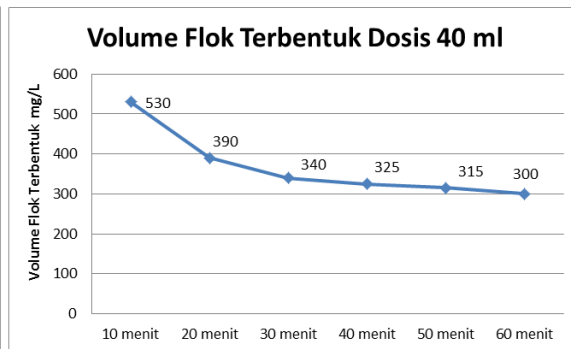
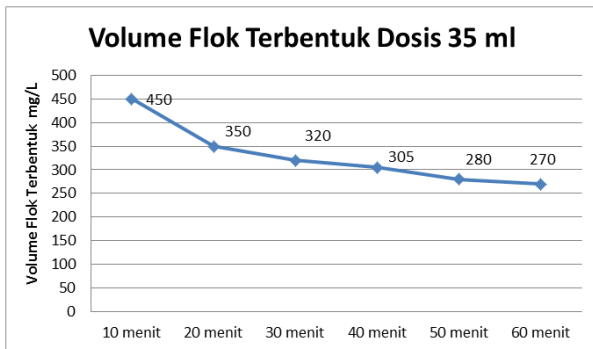
Berikut ini merupakan hasil analisis volume flok/ lumpur yang terbentuk pada imhoff cone atau kerucut imhoff setelah melalui proses koagulasi dan flokulasi menggunakan jartest dengan tambahan biokoagulan kitosan, interval waktu pengamatan yaitu 10 menit, 20 menit, 30 menit, 40 menit, 50 menit dan 60 menit terhadap variasi dosis biokagulan 30 ml, 40 ml, 45 ml, 50 ml, 55 ml dan 60 ml ;

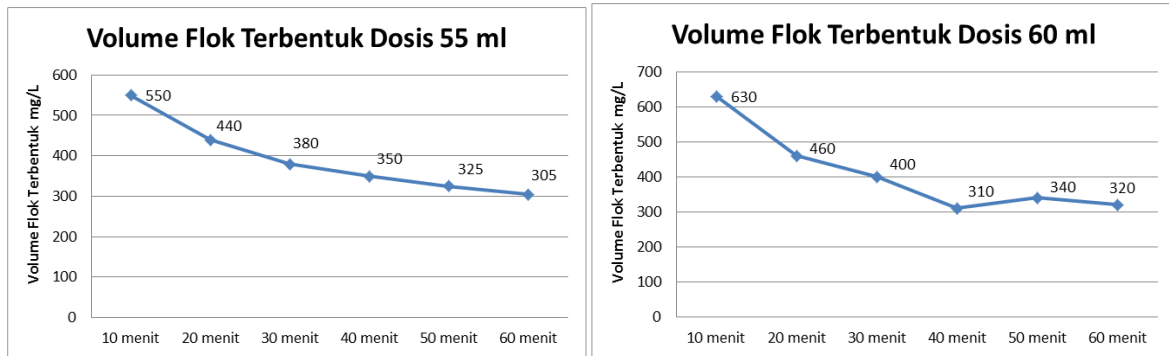
Tabel 1. Volume Flok pada Imhoff Cone terhadap Variasi Dosis Biokagulan

Dosis Koagulan Kitosan	Waktu Pengamatan					
	10 menit	20 menit	30 menit	40 menit	50 menit	60 menit
35 ml	450 ml/L	350 ml/L	320 ml/L	305 ml/L	280 ml/L	270 ml/L
40 ml	530 ml/L	390 ml/L	340 ml/L	325 ml/L	315 ml/L	300 ml/L
45 ml	550 ml/L	390 ml/L	340 ml/L	330 ml/L	310 ml/L	285 ml/L
50 ml	525 ml/L	400 ml/L	350 ml/L	320 ml/L	300 ml/L	285 ml/L
55 ml	550 ml/L	440 ml/L	380 ml/L	350 ml/L	325 ml/L	305 ml/L
60 ml	630 ml/L	460 ml/L	400 ml/L	310 ml/L	340 ml/L	320 ml/L

Sumber : Data Primer, 2013

Berdasarkan pada tabel 1, terlihat bahwa terjadi pemisahan flok/lumpur dengan limbah cair tenun sarung samarinda dengan indikator pengamatan fisik yaitu penurunan kepekatan warna yang diikuti dengan terbentuknya flok/ lumpur pada dasar kerucut imhoff yang volumenya berkurang (semakin padat) bersamaan dengan lamanya waktu pengamatan, berikut ini adalah grafik peningkatan volume flok berdasarkan dosis;





Gambar 1. Grafik Peningkatan Volume Flok Berdasarkan Dosis

Pada gambar 1 terlihat bahwa pada menit ke 10 mulai terjadi pemisahan flok/lumpur dengan limbah cair, dari pengamatan tersebut didapatkan volume lumpur yang terbentuk untuk sampel limbah cair sarung tenun samarinda pada waktu awal pengamatan (menit ke 10) lumpur yang dihasilkan rata-rata 540 ml/L, dan untuk volume lumpur pada menit berikutnya mengalami penurunan dengan kisaran rata-rata 295 ml/L . Penurunan volume lumpur tersebut disebabkan terjadinya proses kompresi yang mana sebelumnya lumpur belum mengalami pemadatan sehingga masih terdapat rongga-rongga yang terisi air dan seiring dengan waktu pengendapan terjadi pemadatan lumpur sehingga volume lumpur menurun. Limbah cair yang telah terpisah dengan volume flok yang terbentuk akan dilakukan pengambilan sampel untuk analisa parameter TSS dan warnaberdasarkan standar SNI. Analisa tersebut bertujuan untuk mengetahui efisiensi penurunan kadar pencemar pada limbah cair juga bertujuan untuk mengetahui dosis optimum dari 6 dosis pada masing-masing sampel.

**Analisis Parameter Total Suspended Solid (TSS)**

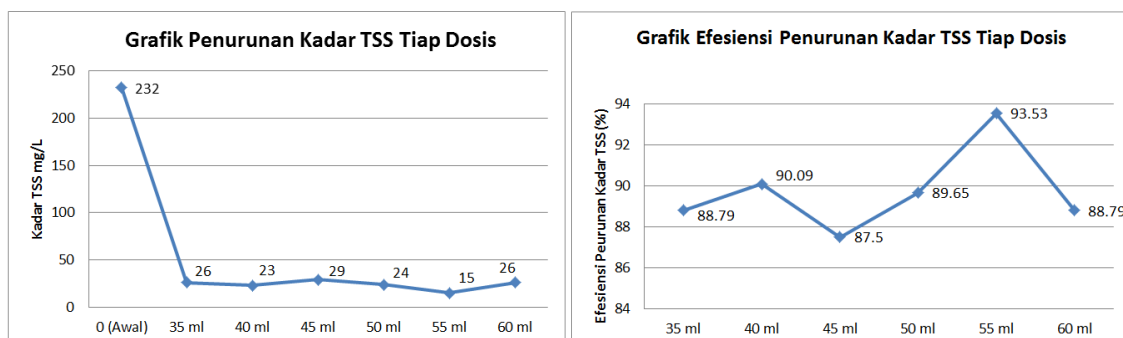
Efisiensi penurunan TSS berdasarkan hasil analisis setelah melalui proses pemisahan antara flok/lumpur yang terbentuk setelah proses koagulasi-flokulasi- sedimentasi adalah sebagai berikut ;

Tabel 2. Hasil Analisa Efisiensi Penurunan TSS

Dosis Koagulan Kitosan	Hasil Analisa Awal (mg/l)	Hasil Analisa Setelah Perlakuan (mg/l)	Efisiensi Penurunan (%)	Volume Lumpur (ml/L)
35 ml	232	26	88,79	270
40 ml		23	90,09	300
45 ml		29	87,50	285
50 ml		24	89,65	285
55 ml		15	93,53	305
60 ml		26	88,79	320

Sumber : Data Primer, 2013

Hasil analisis labolatorium menyatakan bahwa biokoagulan (kitosan) dapat menurunkan kadar TSS menjadi 15 mg/l hingga 26 mg/l yang sebelumnya adalah 232 mg/l, dengan efisiensi penurunan berkisar 87,50% hingga 93,53%, berikut ini adalah grafik penurunan kadar TSS sebelum dan setelah perlakuan serta efisiensi penurunan kadar TSS berdasarkan dosis biokoagulan ;



Gambar 2. Perubahan dan Efisiensi Kadar TSS pada Tiap Dosis Biokoagulan

Berdasarkan pada Gambar 2.diatas terlihat grafik perubahan kadar TSS pada sampel limbah cair dari sebelum hingga setelah perlakuan. Keseluruhan hasil analisa setelah perlakuan pada sampel limbah cair berada di bawah

baku mutu yang ditetapkan berdasarkan Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 51 tahun 1995 tentang Baku Mutu Limbah Cair bagi Kegiatan Industri yaitu sebesar 50 mg/l. dosis koagulan yang semakin bertambah akan mempengaruhi volume lumpur/ flok yang terbentuk, hal ini disebabkan karena biokoagulan (kitosan) memiliki mekanisme koagulasi dengan adsorpsi dan jembatan antar partikel sehingga gugus terionisasi aktif yang tersedia dari kitosan memungkinkan terjadinya adsorpsi kuat pada permukaan polimer. Pada konsentrasi polimer yang rendah akan terjadi adsorpsi, tetapi pembentukan jembatan ini tidak sempurna karena sebagian polimer yang tersisa dalam larutan tidak cukup untuk mengikat partikel yang lain. Sedangkan pada konsentrasi optimum bagian sisa tersebut akan terserap kedalam partikel yang berdekatan untuk membentuk jembatan antar partikel (Metcalf dan Eddy, 1991 diacu dalam Prayudi dan Susanto, 2001). Berikut ini hasil analisis pengaruh penambahan dosis biokoagulan mempengaruhi volume lumpur yang dihasilkan, pada dosis yaitu 35 ml dengan penurunan dosis menjadi 26 mg/l menghasilkan lumpur sebanyak 270 ml/L, sedangkan untuk dosis 40 ml kadar TSS mengalami penurunan lebih baik hingga 23 mg/l dan lumpur yang dihasilkan juga meningkat menjadi 300 ml/L.

Biokoagulan pada dosis 55 ml dan 60 ml dengan penurunan kadar TSS pada dosis 55 ml yaitu 15 mg/l dengan volume lumpur/ flok yang dihasilkan sebesar 305 ml/L, sedangkan pada dosis 60 ml sebesar 26 mg/l dengan volume lumpur/ flok yang dihasilkan yaitu 320 ml/L. Hal tersebut disebabkan karena pada proses adsorpsi dan jembatan antar partikel pada permukaan partikel kitosan tidak hanya mengadsorpsi dan mengikat koloid yang menyebabkan kadar TSS tinggi namun juga dipengaruhi oleh bahan pewarna yang digunakan pada proses pembuatan tenun sarung Samarinda. Menurut penelitian Arifin, dkk., (2012), kitosan mampu menjadi adsorben sehingga mampu menyerap zat warna yang digunakan dalam proses pewarnaan benang sarung samarinda, sehingga berdasarkan hal tersebut, maka zat warna pada limbah cair dapat teradsorpsi pada permukaan kitosan yang menyebabkan lumpur yang dihasilkan bukan hanya flok yang terbentuk dari koloid penyebab TSS tetapi juga dari bahan pewarna yang mempengaruhi penurunan kadar warna yang terkandung di dalam limbah cair tenun sarung Samarinda. Menurut Akhtar, dkk (1997) diacu dalam Amir, dkk., (n.d), naiknya kembali kadar TSS diakibatkan oleh restabilisasi partikel koloid akibat dari dosis yang berlebih. Dimana restabilisasi ini merupakan proses pembalikan muatan partikel koloid yang pada umumnya hampir semua partikel koloid di dalam perairan bermuatan negatif menjadi positif akibat penyerapan dari dosis berlebih yang menghasilkan kembali gaya tolak menolak antar partikel koloid karena bermuatan sama sehingga tidak dapat membentuk flok yang lebih besar dan menyebabkan peningkatan kembali kadar TSS pada sampel.

**Analisis Parameter Warna**

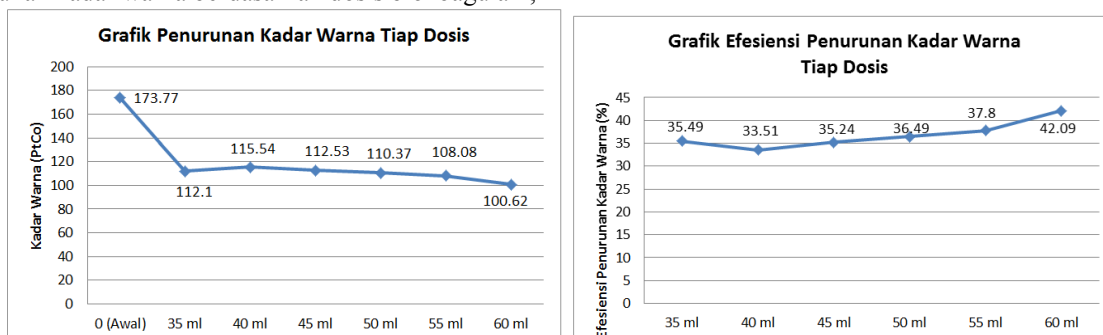
Efisiensi penurunan warna berdasarkan hasil analisis setelah melalui proses pemisahan antara flok/ lumpur yang terbentuk setelah proses koagulasi-flokulasi- sedimentasi adalah sebagai berikut ;

Tabel 3. Hasil Analisa Efisiensi Penurunan Warna

Dosis Koagulan Kitosan	Hasil Analisa Awal	Hasil Analisa Setelah Perlakuan	Efisiensi Penurunan (%)
35 ml	173,77	112,10	35,49
40 ml		115,54	33,51
45ml		112,53	35,24
50 ml		110,37	36,49
55 ml		108,08	37,80
60 ml		100,62	42,09

Sumber : Data Primer, 2013

Hasil analisis laboratorium menyatakan bawa biokoagulan (kitosan) dapat menurunkan kadar warna berkisar 100,62PtCo hingga 115,54 PtOc yang sebelumnya adalah 173,77 PtCo, dengan efisiensi penurunan berkisar 42,09% hingga 33,51%, berikut ini adalah grafik penurunan kadar warna sebelum dan setelah perlakuan serta efisiensi penurunan kadar warna berdasarkan dosis biokoagulan ;



Gambar 3. Perubahan dan Efisiensi Kadar Warna pada Tiap Dosis Biokoagulan

Berdasarkan Gambar 3. penurunan pada penambahan dosis 35 ml terhadap kadar warna yaitu 112,10 PtCo, namun pada dosis 40 ml terjadi kenaikan kadar warna dalam limbah hingga mencapai 115,54PtCo, selanjutnya pada dosis yang lebih besar lagi terjadi penurunan kembali pada limbah, dan seiring dengan penambahan dosis koagulan terjadi penurunan kadar warna pada limbah hingga mencapai efisiensi penurunan sebesar 42,09 % pada dosis 60 ml. Hal tersebut sesuai dengan hasil penelitian Arifin, dkk., (2012), bahwa penurunan zat warna meningkat seiring dengan meningkatnya massa adsorben (kitosan) yang digunakan. Hal ini dikarenakan, semakin banyaknya jumlah adsorben yang digunakan maka akan semakin banyak zat pewarna yang mampu dijerap oleh adsorben.

### Penentuan Dosis Optimum

Penentuan dosis optimum pada pengolahan limbah cair tenun sarung samarinda dengan menggunakan biokoagulan dengan parameter TSS dan warna dengan pertimbangan Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 51 tahun 1995 tentang Baku Mutu Limbah Cair bagi Kegiatan Industri untuk limbah industri tekstil, dosis koagulan yang digunakan, volume lumpur yang terbentuk dan mempertimbangkan hasil limbah cair yang terolah untuk diproses dalam unit pengolahan selanjutnya. Berikut ini hasil analisis variasi dosis biokoagulan terhadap parameter TSS dan Warna:

Tabel 4. Pengaruh Penambahan Variasi Dosis Koagulan Kitosan

Dosis Koagulan Kitosan	Parameter		Volume Lumpur (ml/L)
	TSS	Warna	
35 ml	26	112,10	270
40 ml	23	115,54	300
45 ml	29	112,53	285
50 ml	24	110,37	285
55 ml	15	108,08	305
60 ml	26	100,62	320
<b>Hasil Analisa Awal</b>	232	173,77	
<b>Baku Mutu</b>	<b>50</b>	-	

Sumber: Data Primer, 2013

Menurut hasil analisa laboratorium terhadap sampel limbah cair setelah perlakuan untuk parameter TSS secara keseluruhan telah memenuhi baku mutu yang telah ditetapkan yaitu 50 mg/l, untuk parameter warna berdasarkan Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 51 tahun 1995 tentang Baku Mutu Limbah Cair bagi Kegiatan Industri untuk limbah industri tekstil tidak ditetapkan sehingga untuk menentukan dosis optimum tetap dilihat dari hasil penurunan kadar warna. Berdasarkan hasil yang telah diketahui maka dipilih dosis optimum pada sampel limbah cair yaitu 35 ml dengan karakteristik parameter TSS yaitu 26 mg/l (efisiensi 88,79%) dengan volume lumpur yang terbentuk 270 ml/L (volume lumpur yang dihasilkan paling sedikit sehingga memudahkan untuk pengolahan lanjutan). Untuk parameter warna dipilih dosis optimum 35 ml bukan 60 ml karena pada parameter ini tidak memiliki baku mutu berdasarkan Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 51 tahun 1995, maka dosis ditentukan tetap dengan hasil penurunan kadar warna setelah perlakuan dengan pertimbangan parameter TSS, pemilihan dosis 35 ml (efisiensi 35,49%) ini dipilih dengan mempertimbangkan penggunaan dosis koagulan yang dibutuhkan dan pH akhir dari air limbah adalah 4,98. Hal tersebut dilakukan untuk meminimalkan biaya penggunaan koagulan kitosan sehingga jika digunakan pada pengolahan limbah cair dengan skala besar dapat menghemat biaya.

### Kesimpulan

Penggunaan biokoagulan (kitosan) dari limbah cangkang kepiting mampu menangani limbah cair tenun sarung Samarinda pada sampel limbah cair hingga 93,53 % (dosis 55 ml) untuk TSS dan 42,09 % (dosis 60 ml).

Dosis optimum koagulan kitosan dari limbah cangkang kepiting yaitu 35 ml untuk dengan efisiensi penurunan TSS sebesar 88,79% volume lumpur/flok yang terbentuk 270 ml.L dan efisiensi penurunan warna sebesar 35,49% dengan pH akhir menjadi 4,98.

### Ucapan Terimakasih

1. Sheila Aulia, S.T.,
2. Dwi Erma Rahayu, S.T., M.T.

### Daftar Pustaka

Akhtar, W., Muhammad, R. & Iqbal, A., (1997), *Optimum Design of Sedimentation Tanks Based on Settling Characteristics of Karachi Tannery Wastes*, Pakistan: Institute of Environment Engineering and Research, NED University of Engineering and Technology. Water, Air, and Soil Pollution Volume 98: 199-211.

Arifin, Z., Irawan, D., Rahim, M. & Ramantiya, F., (2012), *Adsorpsi Zat Warna Direct Black 38 Menggunakan Kitosan Berbasis Limbah Udang Delta Mahakam*, Jurnal Sains dan Terapan Kimia, Vol.6, no. 1, hh. 35-45.

Herwanto, B & Santoso, E., (2006), *Adsorpsi Ion Logam Pb (II) pada Membran Selulosa-Khitosan terikat Silang*, *Akta Kimindo*, Vol. 2 No. 1 Hal 9-24.

Harahap, S., (2011), *Penggunaan Kitosan dari Kulit Udang dalam menurunkan kadar Total Suspended Solid (TSS) pada Limbah Cair Industri polywood*, Jurnal Akuatika, Vol. 2 No.2., ISSN 0853-2523.

Junaidi, AB., Kartini, I & Rusdiarso, B., (2009), *Chitosan Preparation With Multistage Deacetylation of Chitin and Investigation of its Physicochemical Properties*, Indo. J. Chem, Vol. 9 (3) Hal 369-372.

Prayudi, T. & Susanto, P., (2000), *Chitosan Sebagai Bahan Koagulan Limbah Cair Industri Tekstil*, Jurnal Teknologi Lingkungan, vol.1, no. 2, hh.121-125.

Prayudi, T. & Susanto, P., (2001), *Pengaruh Ukuran Partikel Chitosan pada Proses Degradasi Limbah Cair Tekstil*, Jurnal Lingkungan, vol.2, no. 3, hh. 296-299.

Puspawati, NM. & Simpen, IN., (2010), *Optimasi Deasetilasi Khitin dari Kulit Udang dan Cangkang Kepiting Limbah Restoran Seafood menjadi Khitosan melalui Variasi Konsentrasi NaOH*, Jurnal Kimia, Vol.4 (1), Hal 79-90.

Wijaya, G. P. A., (2007), *Pembuatan Kitosan dari Kulit Udang Windu (Penaeus monodon)*, Fakultas MIPA Universitas Lampung, Bandar Lampung.