

POTENSI KITOSAN DARI LIMBAH CANGKANG UDANG *Penaeus monodon* ASAL BINTUNI SEBAGAI BIOSORBEN LIMBAH ORGANIK DAN LOGAM BERAT PADA LIMBAH CAIR PLTD MANOKWARI

Lancyfolia Rumaropen, Bertha Mangallo, Muhammad Fajar Islam

Korespondensi : b.mangallo@unipa.ac.id

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui potensi kitosan dari limbah cangkang udang asal Bintuni sebagai biosorben limbah organik dan logam berat pada limbah cair PLTD Manokwari. Prosedur sintesis kitosan dilakukan dengan mengisolasi senyawa kitin dari cangkang udang windu asal Bintuni. Senyawa kitin kemudian dideasetilasi sehingga menghasilkan senyawa kitosan. Selanjutnya, dilakukan karakterisasi limbah dan studi adsorpsi terhadap kandungan TOC, minyak lemak, dan logam Zn dengan variasi massa kitosan 0,1; 0,5; 1; 2 gram. Rendemen kitosan yang dihasilkan dari cangkang udang asal Bintuni adalah 46,88%. Hasil studi adsorpsi kitosan menunjukkan bahwa kitosan mampu mengadsorpsi kandungan minyak lemak dan logam Zn pada limbah cair PLTD tetapi tidak efektif mengadsorpsi kandungan TOC. Peningkatan massa adsorben kitosan hingga 2 gram akan meningkatkan efektifitas adsorpsi sebesar 99,09% terhadap kandungan minyak lemak dan 69,28% terhadap kandungan logam Zn. Kapasitas adsorpsi kitosan tertinggi dicapai pada perlakuan 0,1 gram kitosan dalam 100 mL limbah.

Kata kunci : Kitosan, Efektifitas Adsorpsi, Kapasitas Adsorpsi, Limbah cair.

ABSTRACT

The purpose of this research is to study the potency of chitosan synthesis of shrimp shells from Bintuni as a biosorbent of organic compound and heavy metal compound. The main procedure of chitosan synthesis is completed by insulating chitin from shrimp shells and then chitin is deacetylated to transform chitin to be chitosan. The wastewater were characterized to know the concentration of Total Organic Carbon (TOC), fat oil, and Zinc metal and studied the adsorption of each compound at 0,1; 0,5; 1; 2g dosage chitosan. Adsorption study result showed that chitosan can adsorb the fuel oil and Zinc metal which contained in wastewater. However, it was not adsorb the TOC compound. The yield of chitosan is 46,88%. Increasing the chitosan by up to 2 g resulted in the creasing of the adsorption effectiveness up to 99,09% for the fuel oil and 69,28% for Zinc. The maximum chitosan adsorption capacity accomplished at 0,1gram chitosan in 100 mL wastewater.

Keyword : Chitosan, adsorption effectiveness, adsorption capacity, waste water.

1. PENDAHULUAN

Limbah cair PLTD diregulasi dalam permen LH no.8 (2009) tentang baku mutu air limbah bagi usaha dan/atau kegiatan pembangkit listrik tenaga termal, karena mengandung beban pencemar dengan parameter seperti TSS, klorin bebas, logam-logam berat seperti, seng (Zn), Kromium total (Cr-total), Chemical Oxygen Demand (COD), TOC, fenol, minyak dan lemak. Limbah cair dengan beban pencemar tersebut dapat merusak lingkungan jika di buang ke lingkungan tanpa pengolahan yang baik, terutama jika limbah tersebut dibuang ke sungai dan kali karena akan mengganggu ekosistem di bawah air akibat kurangnya *supply* sinar matahari dan kandungan oksigen.

Beberapa *Treatment* lain yang telah dilakukan untuk mengolah limbah PLTD diantaranya metode flotasi-aerasi, biofiltrasi saringan pasir tanaman dan lumpur aktif. Pengolahan limbah cair PLTD menggunakan metode flotasi efektif menurunkan kadar minyak 93-98%. Proses biofiltrasi air limbah PLTD efektif menurunkan kadar minyak 81-100% dan kadar COD berkisar 51-71% sebanyak. Pengolahan limbah cair PLTD menggunakan lumpur aktif mampu menurunkan kadar minyak 66-100% dan kadar COD 66-71% (Suyasa dan Arsa, 2013; Suyasa *et al.*,2012). Metode pengolahan limbah cair PLTD Manokwari menggunakan sistem oil trap. Unit oil trap merupakan perangkat pemisah minyak yang dilakukan tanpa penambahan bahan kimia. Prinsip kerja unit oil trap adalah pemisahan berdasarkan perbedaan densitas, sehingga minyak dengan densitas lebih rendah dari air akan membentuk lapisan tipis di permukaan air (Nugraha, 2019).

Pemisahan menggunakan oil trap tidak efektif mengurangi kadar logam dalam limbah cair PLTD. Oleh karena itu, diperlukan suatu metode alternatif guna mengurangi komponen logam berat. Pemanfaatan limbah cangkang udang sebagai sumber kitosan dapat dijadikan solusi alternatif untuk mengolah limbah

cair PLTD Manokwari. Pemilihan limbah cangkang udang sebagai sumber kitosan bertujuan untuk mengurangi jumlah limbah aktifitas dari sektor perikanan.

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan rendemen kitosan dalam cangkang udang windu asal Bintuni Papua Barat, menentukan efektifitas adsorpsi dan kapasitas adsorpsi kitosan sebagai biosorben limbah organik berupa TOC dan minyak lemak serta kandungan logam Zn limbah cair PLTD Manokwari.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Alat dan bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah neraca analitik, blender, seperangkat alat gelas, saringan buchner, *hotpalt stirer*, oven, seperangkat alat refluks, reaktor DRB 200 dan seperangkat alat spektrofotometri serapan atom (AAS). Bahan yang digunakan adalah limbah cangkang udang, natrium hidroksida (NaOH 2,5% dan 50%, asam klorida (HCl) 1,5 N, larutan buffer pH 2, 4 dan 7, natrium sulfat (Na₂SO₄) anhidrat, n-hexana, dan asam nitrat (HNO₃).

2.2 Prosedur kerja

1. Isolasi kitin dari cangkang udang

a. Preparasi sampel

Sampel cangkang udang dibersihkan dengan memisahkan cangkang dari bagian kaki. Sampel dicuci untuk menghilangkan kotoran-kotoran yang mungkin menempel pada kulit udang yang akan digunakan. Sampel dikeringkan dengan bantuan sinar matahari selama 24 jam. Kemudian sampel kulit udang kering dihaluskan menggunakan blender.

b. Deproteinasi

Sebanyak 25 gram sampel cangkang udang halus dimasukkan ke dalam dua labu leher tiga lalu tambahkan NaOH 2,5% dengan perbandingan 1:10 (b/v). sampel tersebut kemudian direfluks pada suhu 70°C selama 30 menit, kemudian didinginkan. Sampel dicuci menggunakan aquades hingga pH netral, lalu saring menggunakan

corong buchner dengan kertas saring dan wadah yang telah diketahui bobotnya terlebih dahulu. Residu sampel yang didapat dikeringkan dalam oven selama 24 jam pada suhu 70°C. Lalu didinginkan dalam desikator kemudian ditimbang dan dicatat.

c. Demineralisasi

Proses demineralisasi dilakukan dengan cara merefluks sampel hasil deproteinasi dengan larutan HCl 1,5 N dengan perbandingan 1:10 (b/v) pada suhu 70°C selama 1 jam dan didinginkan. Sampel kemudian dicuci dengan aquades hingga pH netral kemudian disaring. Residu yang diperoleh dikeringkan dalam oven pada suhu 80°C selama 24 jam, kemudian didinginkan dalam desikator dan ditimbang. Hasil yang diperoleh hingga tahap demineralisasi ini merupakan kitin. Rendemen kitin dihitung menggunakan persamaan 1.

$$\% \text{ rendemen kitin} = \frac{W_{\text{kitin}}}{W_{\text{residu}}} \times 100\% \dots (1)$$

Keterangan : w = berat (gram)

2. Sintesis kitosan

Proses deasetilasi kitin menjadi kitosan dilakukan dengan menggunakan NaOH 50% pada perbandingan 1:15 (b/v). Sampel dipanaskan pada suhu 80°C sambil diaduk menggunakan magnetic stirrer. Sampel kemudian didinginkan dan disaring. Residu yang diperoleh kemudian dicuci dengan aquades hingga pH netral, kemudian disaring dan dikeringkan dalam oven pada suhu 80°C selama 24 jam. Sampel kering yang diperoleh merupakan kitosan, didinginkan di dalam desikator kemudian ditimbang. ditambahkan ke dalam kitin berturut-turut sebanyak 117,8 mL dan 122,7 mL di labu bulat alas datar. Sampel dipanaskan sembari diaduk menggunakan *magnetic stirrer* pada suhu 80°C selama 1 jam. Sampel kemudian didiamkan hingga dingin, lalu dicuci residunya dengan aquades hingga mencapai pH netral. Residu sampel netral disaring menggunakan corong buchner dan kertas saring telah diketahui bobotnya. Residunya

dikeringkan di dalam oven pada suhu 80°C selama 24 jam hingga mencapai berat konstan. Massa kitosan yang telah diperoleh ditimbang dan kemudian dihitung % rendemen kitosan. Rendemen transformasi kitin menjadi kitosan ditentukan berdasarkan persamaan 2.

$$\% \text{rendemen kitosan} = \frac{W_{\text{kitosan}}}{W_{\text{kitin}}} \times 100\% \dots (2)$$

3. Karakterisasi limbah cair PLTD

a. Analisis derajat keasaman

Prosedur analisis derajat keasaman merujuk pada metode analisis yang diterbitkan oleh Badan Standardisasi Nasional yaitu SNI 06-6989.11-2019. Disiapkan pH meter yang telah dikalibrasi menggunakan larutan pH 2, 4, dan 7. Elektroda dibilas dengan sampel limbah PLTD, kemudian dicelupkan ke dalam sampel limbah sampai pH meter menunjukkan pembacaan yang tetap. Hasil angka pada tampilan pH meter dicatat. Bersihkan elektroda pH meter menggunakan air suling lalu dikeringkan menggunakan kertas tisu.

b. Analisis kadar TOC

Metode analisis kadar Total Organic Carbon (TOC) merujuk pada metode HACH 10129. Pertama-tama, reaktor dinyalakan dan dipanaskan hingga mencapai suhu 105°C. Sebanyak 10 mL sampel dimasukkan ke dalam labu erlenmeyer 50 mL lalu ditambahkan larutan buffer dengan pH 2,0 ke dalam labu erlenmeyer. Gunakan kertas pH untuk meyakinkan bahwa pH sampel telah mencapai 2. Beri label pada “blanko” pada suatu vial dan beri label “sampel” pada vial yang lain. Tambahkan bubuk persulfat TOC pada masing-masing vial menggunakan corong. Tambahkan 3 mL aquades ke dalam vial berlabel “blanko” dan 3 mL sampel ke dalam vial berlabel “sampel”. Bilas ampul indikator biru menggunakan aquades dan diseka menggunakan tisu dengan posisi jari tidak boleh menyentuh bagian bawah ampul dan bersihkan semua vial dengan tisu.

Selanjutnya dimasukkan ampul ke dalam vial, bagian atas ampul kemudian

dipatahkan dan dibiarkan tenggelam sehingga cairan sampel yang terdapat di dalam vial akan rata dengan cairan indikator biru. Selanjutnya, vial ditutup rapat dan dibiarkan bereaksi selama 2 jam di dalam reaktor pada suhu 105°C. Setelah dua jam, vial dipindahkan dari reaktor lalu diletakkan pada rak tabung dan biarkan dingin selama satu jam. Setelah selesai, cairan blanko harus menunjukkan warna biru gelap sedangkan sampel mengalami perubahan warna menjadi warna kuning. Program “427 Organic Carbon LR” dimulai, putar tombol penyetel panjang gelombang hingga menunjukkan angka 600 nm, kemudian tekan read/enter. Vial berisi blanko dibersihkan lalu masukkan vial ke dalamudukan sel. Tekan tombol “Zero” maka tampilan menunjukkan 0,0 mg/L C. Bersihkan vial berisi sampel, masukkan vial ke dalamudukan, tekan “read/enter” maka akan tampil konsentrasi TOC dalam satuan mg/L

c. Analisis kadar minyak lemak

Analisis minyak dan lemak menggunakan metode gravimetri yang mengacu pada metode SNI 06-6989.10-2011. Sebanyak 100 mL sampel air limbah PLTD diukur menggunakan gelas ukur dengan hingga batas miniskus. Sampel dimasukkan ke dalam corong pisah lalu bilas gelas ukur sampel menggunakan pelarut n-heksana sebanyak 50 mL dan ditambahkan kedalam corong pisah. Kemudian larutan sampel diekstrak dengan cara dikocok selama 2 menit. Biarkan lapisan memisah lalu lapisan air dan minyak dipisahkan. Lapisan air dimasukkan ke dalam corong pisah kemudian diekstraksi sekali lagi dengan volume n-heksana 50 mL. Hasil kedua ekstrak digabungkan. Kemudian dievaporasi pada suhu 85°C hingga ekstrak tersisa sedikit, lalu dipindahkan ke wadah yang telah diketahui beratnya dan dilanjutkan pemanasan hingga semua pelarut habis dan tersisa ekstrak minyak lemak. Dinginkan hasil ekstrak selama 30 menit lalu ekstrak kemudian ditimbang beratnya dan dihitung

konsentrasi minyak lemak berdasarkan rumus 3.

$$\text{Kadar minyak lemak(mg/L)} = \frac{(A-B) \times 1000}{V} \dots(3)$$

A : berat labu + ekstrak (mg)

B : berat labu kosong (mg)

V : volume (mL)

d. Analisis kadar logam Zn

Prosedur analisis penentuan kadar logam Zn pada sampel mengacu pada SNI 06-6989.7-2009 tentang Cara uji Seng (Zn) dengan spektrofotometri Serapan atom (SSA) nyala.

4. Studi adsorpsi kitosan

Sebanyak 100 mL air limbah PLTD ditempatkan di dalam labu erlenmeyer 250 mL. Tambahkan kitosan dengan variasi massa 0,1; 0,5; 1; dan 2 gram. Kemudian dikocok menggunakan *magnetic stirrer* selama 15 menit dan didiamkan selama 30 menit. Setelah 30 menit, diambil sebanyak 50 mL untuk dianalisis kadar minyak lemak, sebanyak 10 mL untuk analisis konsentrasi TOC, serta 25 mL untuk analisis kadar logam Zn dalam supernatan. Hitung efektifitas proses adsorpsi berdasarkan rumus 4 dan tentukan kapasitas adsorpsi menggunakan rumus 5.

$$\text{Efektifitas adsorpsi} = \frac{A-B}{A} \times 100\% \dots(4)$$

Keterangan :

A : Konsentrasi parameter awal sebelum diadsorpsi kitosan, mg/L

B : Konsentrasi parameter akhir setelah adsorpsi kitosan, mg/L

$$q_t = \frac{(C_o - C_t)V}{W} \dots(5)$$

q_t : Kapasitas adsorpsi, mg/g

C_o : Konsentrasi awal (TOC, minyak dan lemak, logam Zn) air limbah sebelum diadsorpsi dengan kitosan, mg/L

C_t : Konsentrasi akhir (TOC, minyak dan lemak, logam Zn) air limbah setelah diadsorpsi dengan kitosan, mg/L

V : Volume sampel, L

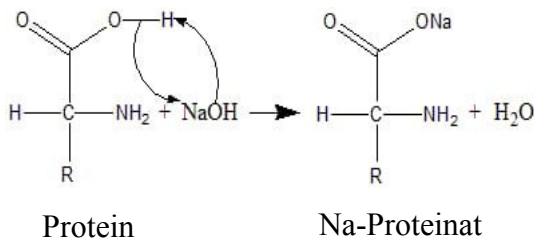
W : Massa adsorben, g

3. Hasil dan pembahasan

3.1 Sintesis kitosan

Sintesis kitosan sampel cangkang udang halus dilakukan dengan pengulangan duplo dengan berat sampel setiap pengulangan yaitu 25,00 gram menggunakan NaOH 2,5%.

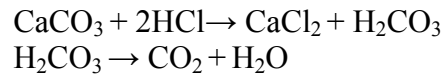
Tujuan proses deproteinasi adalah untuk menghilangkan kandungan protein yang terdapat pada sampel cangkang udang yang digunakan. Pada proses deproteinasi, NaOH akan bereaksi dengan protein membentuk natrium proteinat yang dapat larut dalam air (Bilaut *et al.*, 2019). Mekanisme pelepasan protein dari sampel cangkang udang ditunjukkan oleh gambar 1. Jumlah rata-rata residu sampel yang diperoleh pada tahap deproteinasi adalah sebanyak 15,85 gram dengan rendemen sebesar 63,4%.



Gambar 1. mekanisme pelepasan protein dari sampel cangkang udang

Residu hasil proses deproteinasi kemudian didemineralisasi menggunakan larutan HCl 1,5 N dengan tujuan untuk menghilangkan mineral-mineral seperti CaCO_3 . Proses demineralisasi akan menghasilkan H_2O dan CO_2 yang ditandai dengan terbentuknya gelembung pada saat penambahan larutan HCl. Residu yang dihasilkan hingga tahap demineralisasi ini merupakan senyawa kitin. Jumlah rata-rata senyawa kitin yang diperoleh adalah sebanyak 8,02 gram atau rendemen sebesar 50,59 %. Reaksi yang terbentuk ketika

proses demineralisasi adalah sebagai berikut (Bilaut *et al.*, 2019):



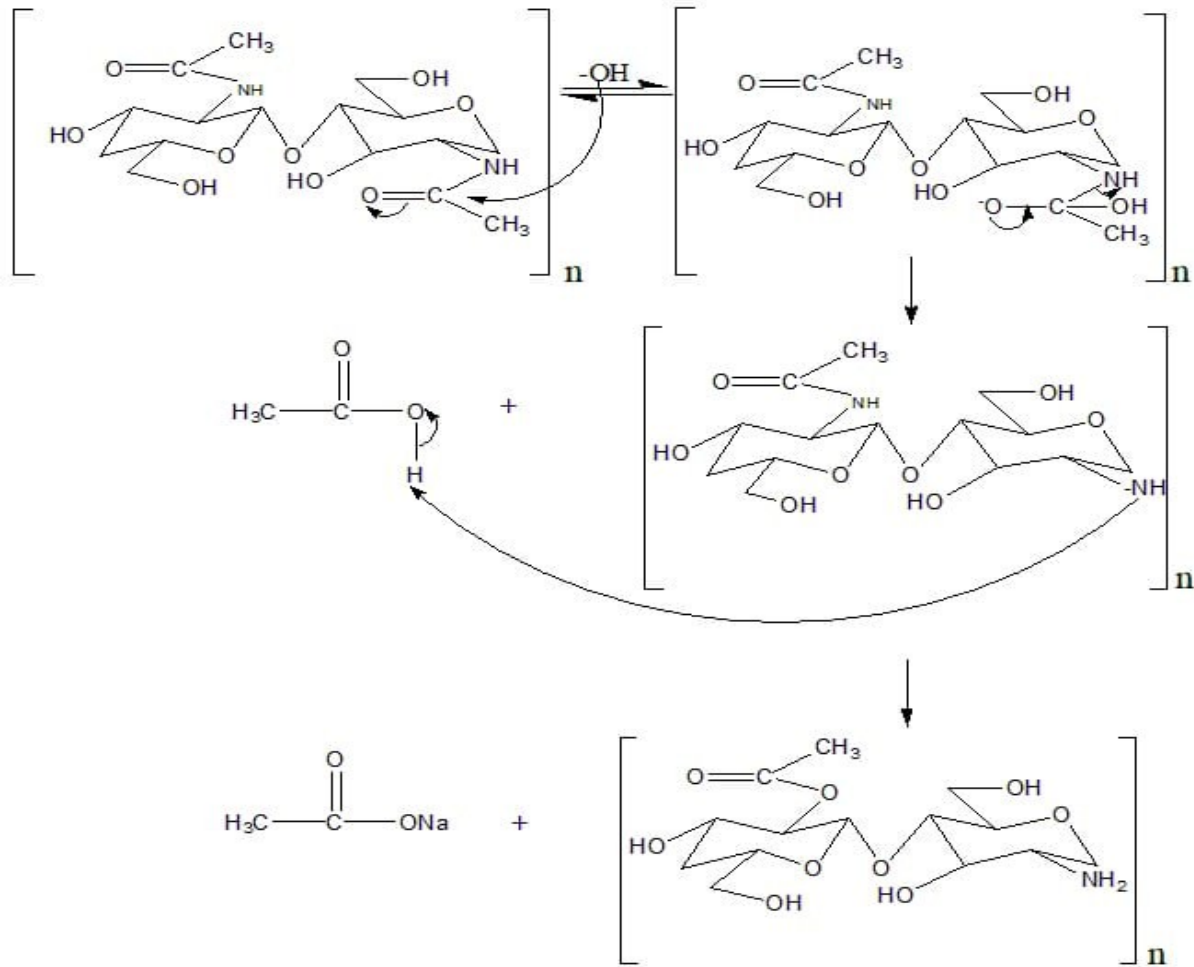
Senyawa kitin dideasetilasi menggunakan larutan NaOH 50%. Proses deasetilasi dilakukan untuk menghilangkan gugus asetil yang terdapat pada senyawa kitin sehingga terbentuk suatu gugus amina pada senyawa kitosan. Penggunaan larutan NaOH dengan konsentrasi tinggi dan suhu tinggi dapat meningkatkan kemampuan lepasnya gugus asetil oleh NaOH (Bilaut *et al.*, 2019). Jumlah rata-rata kitosan yang diperoleh pada tahap deasetilasi adalah 3,76 gram dengan rendemen kitosan terhadap kitin adalah 46,88%. Mekanisme reaksi kitin menjadi kitosan tertera pada gambar 2.

3.2 Karakterisasi limbah cair PLTD

Karakteristik limbah cair PLTD yaitu berminyak dan mengandung logam berat yang berpotensi merusak lingkungan. Limbah cair PLTD manokwari memiliki karakter berwarna kuning kecoklatan, berbau khas seperti oli, berminyak dan terdapat lapisan oli yang mengapung menutupi permukaan serta memiliki pH 6,2. Hasil karakterisasi limbah cair PLTD Manokwari menunjukkan bahwa kadar TOC, minyak lemak logam Zn masing-masing adalah 19,6 mg/L; 4.352 mg/L; 0,2725 mg/L.

3.3 Studi adsorpsi limbah cair PLTD

Studi adsorpsi kitosan limbah cair PLTD dilakukan dengan memvariasikan massa kitosan sebanyak 0,1; 0,5; 1; dan 2 gram pada 100 mL limbah cair PLTD. Hal ini bertujuan untuk mengetahui hubungan antara aplikasi kitosan dengan efektifitas dan kapasitas adsorpsi kitosan terhadap limbah cair PLTD. Hasil studi adsorpsi kitosan terhadap parameter TOC menunjukkan bahwa penambahan massa



Gambar 2. Mekanisme pelepasan protein dari sampel cangkang udang, Champagne, 2002

kitosan hingga 2 gram tidak memberikan pengurangan kadar TOC, sebelum dan sesudah adsorpsi. Kadar TOC tetap sama yaitu 19,6 mg/L. Hasil studi adsorpsi kitosan terhadap limbah cair PLTD Manokwaritertera pada tabel 1.

Studi adsorpsi kitosan terhadap parameter kadar minyak lemak dan logam Zn dalam limbah cair PLTD menunjukkan bahwa peningkatan massa kitosan hingga 2 gram dapat meningkatkan efektifitas adsorpsi hingga 99,09% kandungan minyak lemak dan 69,28% logam Zn tetapi menurunkan kapasitas adsorpsi (Tabel 1).

Faktor yang diduga mempengaruhi daya adsorpsi kitosan terhadap kandungan

TOC yaitu karena terjadinya kompetisi dengan komponen minyak lemak dan logam Zn selama proses adsorpsi. Logam Zn lebih mudah dijerap karena adanya situs aktif NH_2 yang memungkinkan pengkelatan logam Zn oleh pasangan elektron bebas pada gugus NH_2 . Kandungan minyak akan terserap oleh kitosan melalui interaksi hidrofobik dengan rantai karbon glukosa (Hargono dan Sumantri, 2008). Akibatnya situs aktif pada kitosan terjenuhkan oleh komponen minyak lemak dan logam Zn, sehingga kitosan tidak efektif untuk mengadsorpsi kandungan TOC pada limbah cair PLTD.

Tabel 1. Hasil studi adsorpsi limbah cair PLTD Manokwari

Massa kitosan (g)	Kadar (mg/L)			Efektifitas adsorpsi (%)		Kapasitas adsorpsi (mg/g)	
	TOC	M/L	Zn	M/L	Zn	M/L	Zn ($\times 10^{-3}$)
0,1	19,6	593	0,1928	86,37	29,25	3.759	79,7
0,5	19,6	264	0,1106	93,93	59,41	817,6	32,38
1	19,6	208	0,0872	95,22	68	432,4	18,53
2	19,6	39,2	0,0837	99,09	69,28	224,6	9,44

Keterangan : M/L = minyak lemak

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa rendemen kitosan yang dihasilkan dari cangkang udang asal Bintuni adalah 46,88%. Hasil studi adsorpsi kitosan menunjukkan bahwa kitosan mampu mengadsorpsi kandungan minyak lemak dan logam Zn pada limbah cair PLTD tetapi tidak efektif mengadsorpsi kandungan TOC. Efektifitas adsorpsi pada variasi massa kitosan 0,1; 0,5; 1; 2 gram adalah 86,37%; 93,93%; 95,22%; 99,09% untuk adsorpsi minyak lemak dan 29,25%; 59,41%; 68%; dan 69,28% untuk adsorpsi logam Zn. Kapasitas adsorpsi pada variasi massa kitosan 0,1; 0,5; 1; 2 gram adalah 3.759; 817,6; 432,4; 224,6 mg/g untuk adsorpsi minyak lemak dan $79,7 \times 10^{-3}$; $32,38 \times 10^{-3}$; $18,53 \times 10^{-3}$; $9,44 \times 10^{-3}$ mg/g untuk adsorpsi logam Zn.

5. SARAN

Penelitian ini membutuhkan kajian lebih lanjut mengenai efektifitas dan kapasitas adsorpsi kitosan terhadap limbah cair PLTD. Saran terhadap pihak terkait adalah agar mempertimbangkan penggunaan metode pengolahan limbah cair PLTD menggunakan kitosan. Sehingga, limbah cair PLTD Manokwari yang akan dibuang aman dan tidak mencemarkan lingkungan.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Bilaut, I., Imanuel, G., Hermania, E. W., Titus, L. 2019. Synthesis and characterization of chitosan-magnesium (II) Complex ions from shrimp shells. *Chem. Notes*. Vol. 2 (1) : 1-10.
- Champagne, L. M. 2002. The synthesis of water soluble n-acyl chitosan derivative for characterization as antibacterial agents. *Dissertation*. B.S. Xavier University of Louisiana.
- Hargono, A. dan Sumantri I. 2008. Pembuatan kitosan dari limbah cangkang udang serta aplikasinya dalam mereduksi kolesterol lemak kambing. *Jurnal Reaktor*.12(1):53-57.
- Nugraga, Y., W., Setiyono. 2019. Desain instalasi pengolahan air limbah industri PT Natura Perisa Aroma Lampung. *Jurnal Air Indonesia*. Vol. 11 (2) : 60-78.
- Fadli, A., Drastinawati, Ongky, A., Febli, H. 2017. Pengaruh rasio massa kitin/NaOH dan waktu reaksi terhadap karakteristik kitosan yang disintesis dari limbah industri udang kering. *Jurnal Sains Materi Indonesia*. Vol. 18 (2): 61-67.
- SNI 06-6989.17. 2009. Air dan air limbah- Bagian 6 : Cara uji krom total (Cr-T)

- dengan spektrofotometri serapan atom (SSA)-nyala. Hal. 2-4.
- SNI 06-6989.7. 2009. Air dan air limbah-Bagian 7 : Cara uji seng (Zn) dengan spektrofotometri serapan atom (SSA)-nyala. Hal. 2-4.
- SNI 06-6989.10. 2011. Air dan air limbah-Bagian 10 : Cara uji minyak dan lemak secara gravimetri. Hal. 2-4.
- SNI 06-6989.11. 2019. Air dan air limbah-Bagian 11 : Cara uji derajat keasaman (pH) dengan menggunakan alat pH meter. Hal. 2-4.
- Suyasa, I.W.B, Arsa I.M. 2013. Penurunan Kadar Minyak dan COD Air Limbah Operasional Pembangkit Listrik dengan Flotasi dan Lumpur Aktif. *Jurnal Bumi Lestari*. Vol. 13 No 1. Februari 2013: 9-105.
- Suyasa, I. W. B., Suprihatin I. E. dan Sugianthi I. G. A. K. R. 2012. Pengolahan Air Limbah Pembangkit Listrik PT Indonesia Power dengan Metode Flotasi Dan Biofiltrasi Saringan Pasir Tanaman. *Jurnal Kimia*. Vol. 6(1):62-71.
- Thariq, M. R. A., Ahmad, F., Annisa, R., Rani, H. 2016. Pengembangan kitosan terkini pada berbagai aplikasi kehidupan. *Conference : Seminar Nasional Teknik Kimia Teknologi Petro Dan Oleokimia*. Pekanbaru.