

# **Penurunan Kadar COD dan TSS pada Limbah Penyamakan Kulit Menggunakan Sistem Kombinasi Adsorpsi Metode Kolom dan Fitoremediasi**

## ***Removal of COD and TSS in Tannery Wastewater Using Combination System of Column Method Adsorption and Phytoremediation***

Sitti Hariyati,

Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia

Jalan Kaliurang KM 14,5 Yogyakarta

Email : tathydh@gmail.com

### **ABSTRAK**

*Meningkatnya kebutuhan manusia membuat banyak industri berkembang, setiap industri tersebut menghasilkan limbah, termasuk industri penyamakan kulit. Limbah penyamakan kulit merupakan salah satu penghasil polutan terbesar di dunia yang mengandung bahan organik tinggi salah satunya COD dan TSS. Oleh karena itu diperlukan sebuah pengolahan air limbah yang baik sebelum membuang air limbah ke badan air untuk melindungi lingkungan. Penelitian ini diarahkan untuk mengembangkan metode alternatif dalam pengolahan limbah penyamakan kulit dengan metode yang sederhana dan efisien dengan memanfaatkan adsorpsi dengan kulit salak sebagai adsorben dikombinasikan dengan fitoremediasi dari eceng gondok dalam pengolahan limbah untuk mendapatkan output yang lebih maksimal. Penelitian ini menggunakan limbah cair penyamakan kulit dari Pabrik Kulit Fajar Makmur Yogyakarta. Penelitian didahului oleh percobaan batch untuk mengetahui dosis, pH dan waktu optimum adsorben dilanjutkan dengan kombinasi adsorpsi secara kolom dan fitoremediasi oleh eceng gondok selama 14 hari sebagai waktu kontak tanaman. Hasil menunjukkan bahwa efisiensi oleh adsorpsi kulit salak pada proses adsorpsi sebesar pada COD 43,63% dan TSS sebesar 30,71%. Kombinasi adsorpsi kulit salak dan fitoremediasi dengan eceng gondok dapat menghilangkan COD sebesar 74,66% dan TSS sebesar 73,46%. Studi ini membuktikan bahwa kombinasi pengolahan adsorpsi dan fitoremediasi lebih efisien dalam menurunkan parameter COD dan TSS dalam limbah cair penyamakan kulit.*

**Kata Kunci :** *Limbah Cair Penyamakan Kulit, Kombinasi Pengolahan, Adsorpsi, Fitoremediasi, Kulit Salak, Eceng Gondok, COD, TSS*

### **ABSTRACT**

*The increasing of human needs make lots of industries developed, every industry produces waste including tannery industry. The wastewater from tannery industry is one of the largest pollutants in the world that contain high organic materials such as COD and TSS. Therefore, a good wastewater treatment management is required before the wastewater is discharged into water bodies to protect the environment. This research is objective to develop an alternative method of treating tannery wastewater with a simple and efficient method utilizing adsorption with salacca peels combined to phytoremediation with water hyacinth in wastewater treatment to get the maximum output. This research use tannery wastewater from Fajar Makmur Leather Factory Yogyakarta. The research is preceded by batch experiment to determine the optimum condition of mass, pH, and contact time from adsorbent continued with phytoremediation by water hyacinth for 14 days as the plant contact time. The result showed that the efficiency by salacca peels in adsorption process was 43,63% for COD and 30,71% for TSS. Combination of Salacca peels adsorption and phytoremediation with water hyacinth can remove COD amount 74,66% and for TSS was 73,46%. This study makes proves that the combination treatment of adsorption and phytoremediation was more efficient in reducing the level of COD and TSS in tannery wastewater.*

**Keywords :** *Tannery Wastewater, Combination System Treatment, Adsorption,, Phytoremediation, Salacca Peels, Water Hyacinth, COD, TSS*

## 1. Pendahuluan

Seiring dengan meningkatnya kebutuhan manusia membuat banyak industri berkembang. Setiap industri tersebut menghasilkan limbah, termasuk industri penyamakan kulit. Limbah penyamakan kulit ini merupakan salah satu penghasil polutan terbesar di dunia (Mayasari dan Sholeh, 2016).

Beberapa jenis dari polutan yang dihasilkan dari limbah industri penyamakan kulit mempunyai pengaruh yang cukup signifikan baik pada kesehatan manusia, makhluk hidup serta lingkungan apabila berada pada jumlah dan konsentrasi yang tinggi. Beberapa diantaranya adalah kapur, sulfida dan kromium (Alessandro *et al.*, 2003). Polutan yang dihasilkan juga menyebabkan tingginya TDS (*Total Dissolved Solids*), TSS (*Total Suspended Solids*) BOD (*Biochemical Oxygen Demand*) dan COD (*Chemical Oxygen Demand*) (Saravanabhavan *et al.*, 2003).

Penanganan yang dapat dilakukan akibat pencemaran disebabkan oleh industri penyamakan kulit adalah dengan cara menghilangkan kromium dan bahan organik dari limbah cair industri penyamakan kulit secara murah dan alami (Lasindrang *et al.*, 2014). Berbagai teknik dan proses telah dikembangkan untuk memisahkan ion-ion yang sangat berbahaya dari dalam air, diantaranya yaitu dengan penukaran ion, pengendapan kimia, dan dengan adsorpsi. Adsorpsi merupakan metode yang aman, tidak memberikan efek samping yang membahayakan kesehatan, tidak memerlukan peralatan yang rumit dan mahal, serta mudah pengerjaannya (Liu, 2009).

Salah satu limbah pertanian yang berpotensi dijadikan adsorben adalah kulit salak. Kulit salak biasanya langsung dibuang dan belum dimanfaatkan secara maksimal. Kulit salak tersebut dimodifikasi sehingga dapat mengadsorpsi kromium serta polutan lainnya dari limbah penyamakan kulit melalui proses adsorpsi.

Kanagaraj *et al.*, (2006) menyebutkan bahwa untuk meningkatkan efisiensi dalam penggunaan air proses yang penggunaannya cukup besar, limbah cair yang telah terolah diupayakan untuk dapat didaur ulang untuk dapat digunakan sebagai air proses. Pengolahan dapat dilakukan salah satunya dengan menggunakan tanaman air melalui fitoremediasi. Tanaman yang berpotensi menjadi

fitoremediator dalam pengolahan limbah adalah eceng gondok (*Eichornia crassipes*) (Hartanti *et al.*, 2014). Eceng gondok mampu menyerap berbagai zat yang terkandung di dalam air, baik terlarut maupun tersuspensi. Kecepatan penyerapan zat pencemar dari dalam air limbah oleh eceng gondok dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya komposisi dan kadar zat yang terkandung dalam air limbah, kerapatan eceng gondok, dan waktu tinggal eceng gondok dalam air limbah (Rukmi *et al.*, 2013).

Dengan memperhatikan pemikiran di atas, maka penelitian ini diarahkan untuk mengembangkan metode alternatif dalam pengolahan limbah penyamakan kulit melalui kombinasi sistem adsorpsi dan fitoremediasi untuk mendapatkan hasil *output* yang lebih maksimal. Penelitian ini bertujuan mengidentifikasi efisiensi penyisihan parameter COD dan TSS dalam limbah penyamakan kulit melalui adsorpsi menggunakan kulit salak dalam kolom adsorpsi dan fitoremediasi dengan tanaman eceng gondok pada limbah cair penyamakan kulit.

## **2. Metode Penelitian**

### **2.1 Preparasi Adsorben**

Preparasi adsorben kulit salak dimulai dari kulit salak yang digunakan dicuci dengan air mengalir hingga bersih setelah itu dikeringkan. Kulit salak dibilas dengan aquades dan dikeringkan dalam oven pada suhu 60 °C selama 24 jam. Kulit salak kering kemudian dihancurkan hingga halus dan diayak hingga lolos 50 *mesh* (Wijayanti, 2016). Proses enkapsulasi kulit salak menggunakan *sodium alginate* dilakukan dengan membuat larutan *sodium alginate* 3% yang dicampurkan dengan adsorben dan diteteskan ke dalam larutan kalsium klorida (CaCl<sub>2</sub>) 10%. Gel didiamkan selama 30 menit kemudian dibilas menggunakan aquades.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah limbah cair penyamakan kulit dari Pabrik Kulit Fajar Makmur, Bantul, D.I. Yogyakarta. Kulit Salak, Eceng Gondok, *Sodium Alginate* (Sigma Aldrich), kalsium diklorida dihidrat (CaCl<sub>2</sub>.H<sub>2</sub>O) Merck.

## **2.2 Karakterisasi Adsorben**

karakterisasi adsorben diperlukan untuk mengetahui kandungan-kandungan unsur yang terdapat dalam adsorben serta ciri yang terlihat. Pengujian adsorben dilakukan dengan melihat karakterisasi dari kulit salak murni dan terenkapsulasi *alginate gel* serta kondisi adsorben sebelum dan setelah adsorpsi. Pada pengujian ini dilakukan 2 pengujian yakni SEM (*Scanning Electron Microscopy*) dan FTIR (*Fourier Transform Infra Red*) untuk melihat bentuk morfologi serta elemen dan gugus fungsi yang terkandung dalam kulit salak.

## **2.3 Proses Adsorpsi Batch**

Pengujian adsorpsi dengan metode *batch* dilakukan untuk menemukan kondisi optimum yang diperlukan bagi adsorben. Pengujian adsorpsi metode *batch* pada adsorben kulit salak terenkapsulasi dilakukan dengan variasi massa, variasi pH, dan variasi waktu. Untuk mengetahui kemampuan optimum massa dalam menurunkan COD dan TSS, 50 mg hingga 400 mg massa adsorben ditambahkan dalam 100 mL limbah cair selama 2 jam dengan kecepatan putaran 150 rpm. Pengaruh pH pada proses adsorpsi dilakukan dengan Variasi pH yang digunakan diantaranya 3, 5, 7, 9, dan 11. Penkondisian variasi pH dilakukan dengan menggunakan larutan HCl 0,1 N dan Larutan NaOH 0,1 N. Pengaruh waktu kontak dari 15 hingga 120 menit diaplikasikan untuk mengetahui pengaruh waktu kontak terhadap adsorpsi COD dan TSS.

## **2.4 Pengujian Adsorpsi Metode Kolom dan Fitoremediasi**

Pengujian adsorpsi metode kolom dan fitoremediasi sebelumnya didahului oleh proses aklimatisasi tanaman eceng gondok selama 7 hari. Dipilih jenis tanaman yang muda keseragaman tinggi dan jumlah daunnya (Siswoyo *et al.*, 2009).

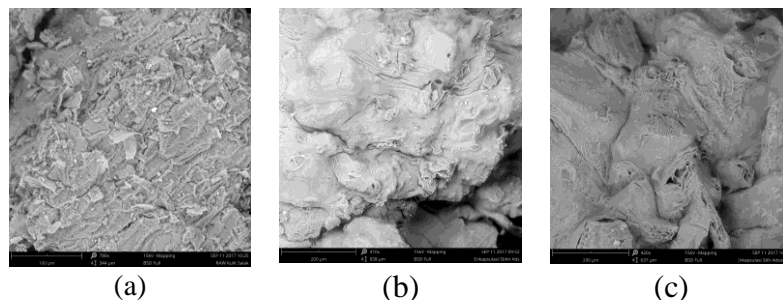
Sebanyak 35 L limbah cair dialirkan pada reaktor kolom dengan massa 40 gr. Massa yang digunakan pada kolom merupakan hasil penkondisian massa optimum yang didapat melalui proses *batch* dengan volume limbah asli yang digunakan. Limbah cair dipompa dalam kolom adsorpsi dalam

sekali pengaliran. *Output* yang dihasilkan dari kolom akan dilanjutkan dalam proses fitoremediasi selama 14 hari. Hasil dari *output* kolom adsorpsi akan digunakan sebagai bak kontrol dan diolah lagi dalam proses fitoremediasi. Efluen dari proses fitoremediasi akan dibandingkan dengan kontrol pada efluen adsorpsi kolom.

### 3. Hasil dan Pembahasan

#### 3.1 Karakterisasi Adsorben

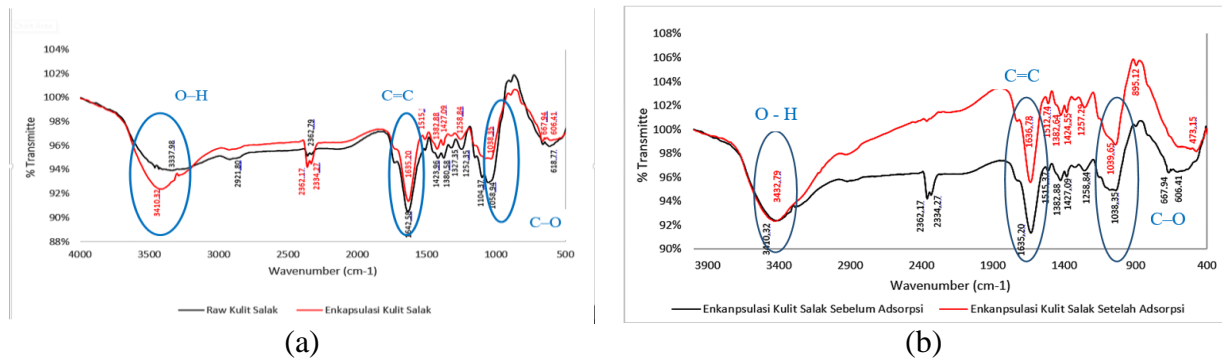
Karakterisasi menggunakan SEM (*Scanning Electron Microscopes*) berfungsi untuk mengetahui karakteristik dari suatu zat dengan metode X-ray. Hasil analisis SEM yang dilakukan terhadap serbuk kulit salak, serta serbuk kulit salak yang terenkapsulasi *alginate gel* dan serbuk kulit salak yang terenkapsulasi *alginate gel* setelah melalui proses adsorpsi seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1 menunjukkan permukaan serat-serat kulit salak yang tersusun atas selulosa. Setelah dienkapsulasi dengan *sodium alginate* bagian permukaan adsorben menjadi bentuk granular dan terlihat struktur butiran *alginate gel* dipehuni oleh serbuk kulit salak sehingga membuat struktur butiran menjadi bergelombang dan terdapat rekahan pori-pori di permukaannya.



**Gambar 1** Hasil Uji SEM pada Adsorben (a) *Raw* Kulit Salak, (b) Kulit Salak Terenkapsulasi, (c) Kulit Salak Terenkapsulasi Setelah Adsorpsi

Pada hasil pengujian FTIR seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2 menunjukkan hasil FTIR sebelum dan setelah enkapsulasi menunjukkan adanya pergeseran bilangan gelombang begitu pun dengan hasil FTIR sebelum dan setelah adsorpsi. Dari hasil FTIR sebelum dan sesudah adsorpsi terlihat adanya peningkatan intensitas serapan pada gugus C=C dan C-O setelah mengalami proses adsorpsi. Peningkatan puncak serapan setelah proses adsorpsi menandakan adanya interaksi ikatan pertukaran molekul antara bahan organik dengan adsorben kulit salak. Pergeseran % transmittance

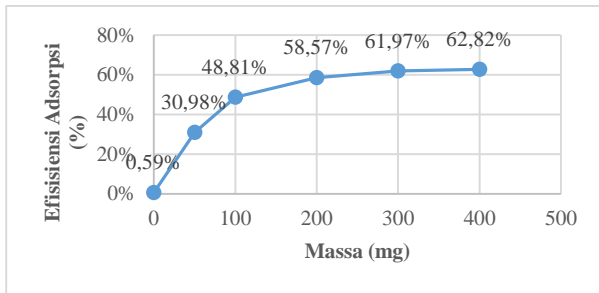
diantara sebelum dan sesudah adsorpsi menandakan gugus-gugus fungsional yang terkandung dalam adsorben kulit salak telah menyerap bahan-bahan organik maupun anorganik yang terkandung dalam limbah.



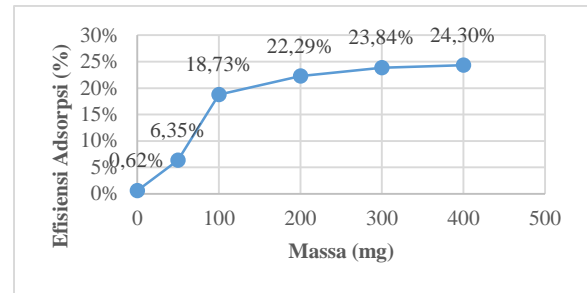
**Gambar 2** (a) Hasil FTIR pada *Raw Kulit Salak* dan *Kulit Salak Terenkapsulasi* (b) Hasil FTIR pada *Kulit Salak Terenkapsulasi Sebelum dan Setelah Adsorpsi*

### 3.2 Pengujian Variasi Massa Adsorben

Pengujian variasi massa pada adsorben dilakukan untuk mengetahui penyerapan adsorben dengan variasi massa adsorben dalam menurunkan konsentrasi COD dan TSS pada limbah penyamakan kulit. Adapun variasi massa adsorben yang digunakan adalah 50 mg hingga 400 mg. Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3, Dari kedua grafik tersebut dapat diketahui bahwa penambahan massa adsorben berbanding lurus dengan efisiensi *removal* untuk parameter COD dan TSS. Adsorben kulit salak mempunyai kemampuan dalam menyisihkan parameter COD dan TSS dalam limbah. Hal ini disebabkan karena luas permukaan dari adsorben kulit salak untuk mengadsorpsi bahan organik lebih besar seiring dengan bertambahnya jumlah adsorben yang digunakan sehingga kemampuan adsorben dalam mengadsorpsi polutan akan semakin bertambah. Pada parameter TSS, Hasil efisiensi penyisihan TSS cenderung kecil. Ini disebabkan oleh permukaan adsorben kulit salak yang tidak efektif dalam menyisihkan padatan tersuspensi pada limbah cair penyamakan kulit. Adsorpsi dapat efektif dalam menyisihkan padatan tersuspensi apabila dengan waktu kontak yang lama karena limbah cair penyamakan kulit merupakan limbah yang memiliki kepekatan tinggi (Puspita, 2008).



(a)

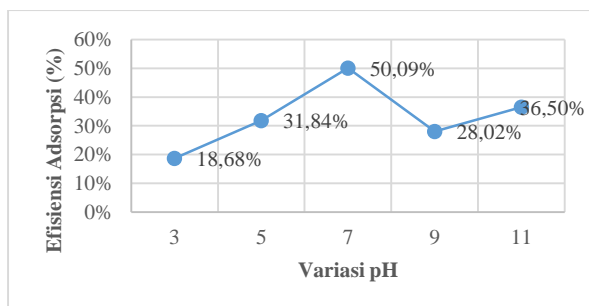


(b)

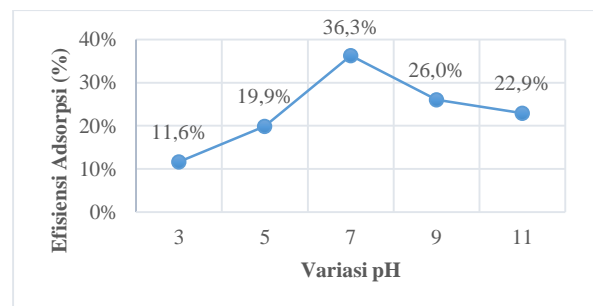
**Gambar 3** (a) Grafik Hubungan Penambahan Massa Adsorben Terhadap Presentase *Removal* COD (b) Grafik Hubungan Penambahan Massa Adsorben Terhadap Presentase *Removal* TSS

### 3.3 Pengujian Variasi pH Adsorben

Pengujian pH merupakan salah satu faktor penting yang mempengaruhi penyerapan polutan oleh adsorben. Pada Gambar 4 menunjukkan pH dibawah 7 dan diatas 7, penyerapan menjadi menurun hal ini disebabkan karena terjadinya pertukaran ion dengan adsorbat. Pada pH rendah, permukaan adsorben bermuatan positif dikarenakan jumlah ion  $H^+$  lebih besar. Pada proses adsorpsi, molekul adsorben secara kimiawi mempunyai sisi aktif atau gugus fungsional pada adsorben yang mampu berinteraksi dengan adsorbat. Proses adsorpsi terjadi pertukaran ion sehingga pada pH yang rendah larutan yang didominasi oleh ion positif  $H^+$  akan berkompetisi dengan ion organik pada permukaan adsorben sehingga pada pH rendah dibawah 7, peluang pengikatan ion organik oleh adsorben relatif kecil sehingga efisiensi penyerapannya menurun. Sedangkan pada pH basa diatas 7, kelimpahan jumlah ion  $OH^-$  akan membuat difusi ion-ion organik pada permukaan adsorben terhalang sehingga dapat menyebabkan efisiensi *removal* COD dan TSS menurun pada pH yang tinggi. (Kasam *et al*, 2005).



(a)



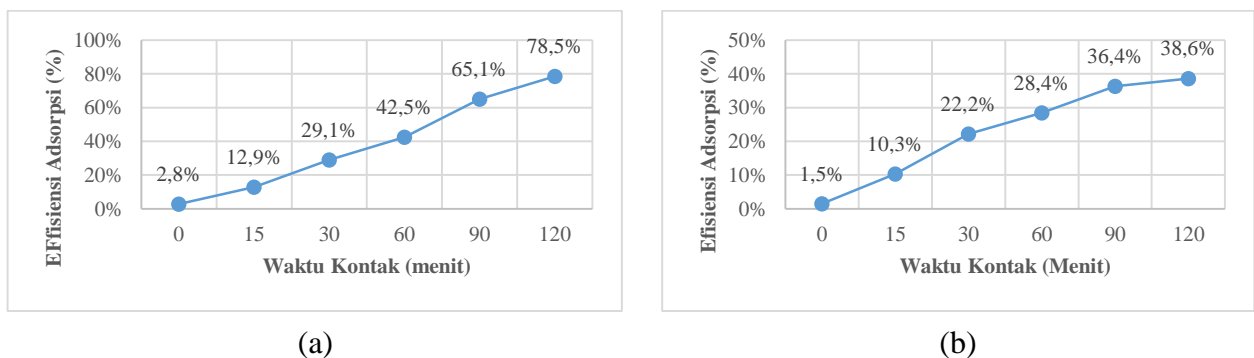
(b)

**Gambar 4** (a) Grafik Hubungan Nilai pH Terhadap Presentase *Removal* COD (b) Grafik Hubungan Nilai pH Terhadap Presentase *Removal* TSS

### 3.4 Pengujian Variasi Waktu Adsorben

Pengujian variasi waktu kontak diperlukan untuk mengetahui waktu kontak optimal bagi adsorben terhadap kemampuannya dalam menyerap bahan-bahan organik dalam limbah. Pengujian variasi waktu kontak menggunakan variasi waktu pengadukan selama 15 hingga 120 menit. Berdasarkan grafik antara parameter COD dan TSS pada hubungan penambahan waktu kontak terhadap presentase *removal* memperlihatkan bahwa semakin lama waktu pengadukan yang diberikan pada proses adsorpsi maka terjadi peningkatan terhadap penyisihan bahan-bahan organik dalam limbah penyamakan kulit. Pada grafik tersebut menunjukkan bahwa lama waktu kontak adsorben terhadap adsorbat berbanding lurus dengan presentase *removal*.

Kapasitas penyerapan adsorpsi pada menit ke-15 dan ke-30 pada kedua grafik belum mengalami peningkatan yang signifikan dikarenakan adsorben belum berinteraksi dengan adsorbat secara maksimal. Kenaikan kapasitas penyerapan adsorpsi terlihat setelah melewati waktu ke-30 menit disebabkan oleh permukaan pori adsorben yang kosong telah berinteraksi dengan bahan-bahan organik adsorbat. Pada parameter TSS setelah menit ke-60 kenaikan tidak terlalu signifikan karena adsorben telah dalam keadaan jenuh akibat terisi oleh bahan-bahan organik pada permukaan situs aktif adsorben. (Idris *et al*, 2011).

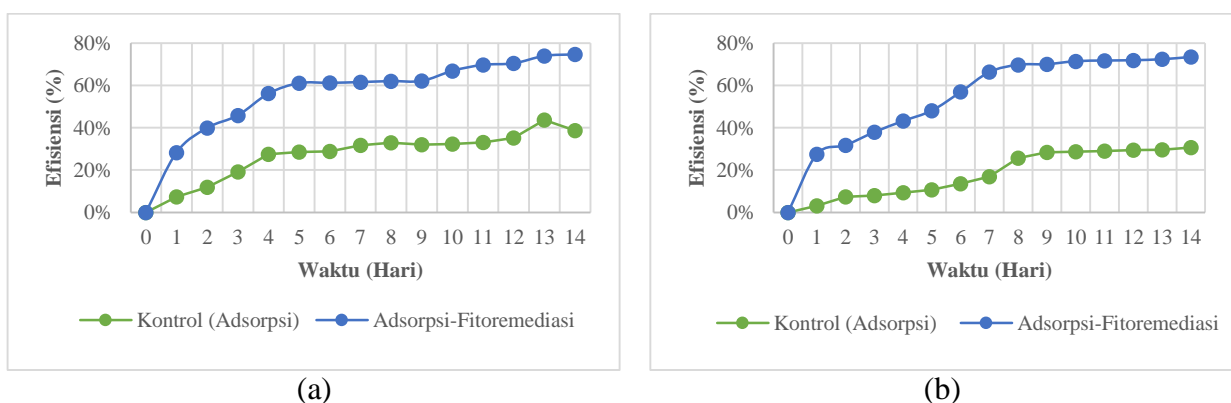


**Gambar 5** (a) Grafik Hubungan Waktu Kontak Terhadap Presentase *Removal* COD (b) Grafik Hubungan Waktu Kontak Terhadap Presentase *Removal* TSS

### 3.5 Kombinasi Proses Adsorpsi Kolom dan Fitoremediasi

Dalam melakukan proses kombinasi pengolahan, terlebih dahulu dilakukan pengujian untuk konsentrasi awal limbah cair penyamakan kulit. Diketahui dari hasil pengujian bahwa konsentrasi awal limbah cair penyamakan kulit untuk parameter COD sebesar 635,83 mg/L dan parameter TSS sebesar 64,80 mg/L. Konsentrasi parameter COD dan TSS pada limbah penyamakan kulit belum memenuhi syarat untuk dapat dibuang ke badan air, karena masih berada diatas batas normal yaitu COD sebesar 110 mg/L dan TSS sebesar 50 mg/L yang merupakan ambang batas dari Baku Mutu Limbah Cair Industri Penyamakan Kulit berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2014 dan harus melalui pengolahan terlebih dahulu untuk menurunkan kadar polutan sebelum dilepaskan ke lingkungan.

Pengoperasian reaktor kombinasi pengolahan adsorpsi dan fitoremediasi dilakukan setelah mengetahui kondisi optimum adsorpsi yang diperoleh dari proses *batch*. *Output* yang dihasilkan dari kolom adsorpsi dan setelah melalui proses fitoremediasi akan dilihat untuk diketahui efektifitas dari proses adsorpsi serta melalui kombinasi pengolahan adsorpsi dan fitoremediasi. Pada Gambar 6 ditampilkan grafik efisiensi *removal* pada parameter COD dan TSS setelah melalui 14 hari pengolahan di bak fitoremediasi.



**Gambar 6** (a) Efisiensi *Removal* Proses Adsorpsi serta Kombinasi Pengolahan pada Parameter COD  
(b) Efisiensi *Removal* Proses Adsorpsi serta Kombinasi Pengolahan pada Parameter TSS

Pada pengolahan dengan kombinasi adsorpsi dan fitoremediasi tingkat efisiensi *removal* telah melewati angka  $> 50\%$ . Dalam kurun waktu 14 hari, konsentrasi COD seperti yang ditampilkan

setelah hari ke-13 mengalami penurunan dengan efisiensi tertinggi sebesar 43,63% dengan konsentrasi sebesar 389,82 mg/L setelah proses adsorpsi dan meningkat menjadi 74,66% dengan konsentrasi akhir sebesar 161,12 mg/L pada hari ke-14 setelah dikombinasikan dengan tanaman eceng gondok pada proses fitoremediasi. Penurunan konsentrasi COD menunjukkan terjadinya penurunan beban organik dalam limbah sehingga jumlah oksigen yang diperlukan untuk mengoksidasi beban organik menjadi berkurang. Hal ini disebabkan terjadinya penyerapan dari akar tanaman eceng gondok sehingga mengadsorpsi polutan yang terdapat dalam air limbah.

Hal yang sama juga terjadi pada parameter TSS yang menunjukkan penurunan seiring waktu setelah melewati proses pengolahan. Konsentrasi awal TSS adalah 64,80 mg/L, setelah melewati adsorpsi kolom konsentrasi TSS berangsur menurun sebesar 44,90 mg/L dengan efisiensi sebesar 30,71%. Penurunan konsentrasi pada bak kontrol hanya mengalami penurunan yang relatif kecil dikarenakan terjadi akibat adanya gaya gravitasi yang memungkinkan terjadinya pengendapan selama proses berlangsung. Konsentrasi TSS mengalami penurunan yang pesat ketika dikombinasikan dengan proses fitoremediasi dimana konsentrasi TSS menjadi 17,20 mg/L dengan efisiensi sebesar 73,46%. Penurunan konsentrasi TSS terjadi karena adanya proses penyerapan oleh tanaman eceng gondok, dekomposisi bahan organik dan mengendapnya hasil dekomposisi bahan organik. Dekomposisi bahan organik diakibatkan mekanisme pada tanaman air dimana terjadi proses fitodegradasi pada akar tanaman eceng gondok.



**Gambar 7** Perbandingan Influen, Kontrol, dan Efluen dari Limbah dengan Penerapan Kombinasi Adsorpsi dan Fitoremediasi

Pengolahan limbah cair penyamakan kulit dengan sistem kombinasi adsorpsi kolom dan fitoremediasi menunjukkan efektifitas *removal* yang lebih baik dibandingkan dengan hanya melalui proses adsorpsi kolom. Kinerja gabungan kombinasi pengolahan ini

dapat terlihat dengan adanya penurunan di semua parameter yang diukur, sehingga terlihat bahwa kualitas effluen lebih baik dibandingkan kualitas influen. Secara fisik air olahan dengan kombinasi

adsorpsi kolom dan fitoremediasi menghasilkan air yang lebih jernih dibandingkan air limbah sebelum diolah (influen) dan juga bak kontrol dari adsorpsi kolom Perbandingan warna air limbah sebelum dan sesudah diolah dapat dilihat pada Gambar 7.

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Konsentrasi awal parameter COD dan TSS pada limbah cair penyamakan kulit adalah 635,83 mg/L dan 64,80 mg/L.
2. Kemampuan kombinasi pengolahan adsorpsi kolom dan fitoremediasi selama 14 hari cukup efektif dalam menurunkan kadar COD dan TSS dalam limbah penyamakan kulit dengan presentase *removal* COD dan TSS sebesar 74,66% dan 73,46%.
3. Konsentrasi COD dan TSS setelah kombinasi pengolahan sebesar 161,12 mg/L dan 17,20 mg/L. Kedua parameter telah memenuhi baku mutu sesuai Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 tentang Baku mutu Limbah Cair Bagi Usaha dan atau Kegiatan Industri Penyamakan Kulit untuk proses penyamakan krom dan penyamakan daun-daunan. Terkecuali parameter COD belum memenuhi baku mutu untuk proses penyamakan krom sebesar 110 mg/L.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Alessandro, R., Silvia, O., & Adriano, B. 2003. **Dehairing Activity of Extracellular Proteases Produced by Keratinolytic Bacteria.** *J Chem Technol Biotechnol.* Vol 78 No: 08 hh: 855 – 859.
- Hartanti, P.I., Haji, H.T.S., & Wirosodarmo, R. 2014. **Pengaruh Kerapatan Tanaman Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*) Terhadap Penurunan Logam Berat Kromium pada Limbah Cair Penyamakan Kulit.** *Jurnal Sumberdaya Alam dan Lingkungan.* Vol 1 No: 2 hh: 31 – 37.
- Idris, S., Iyaka, Y.A., Ndamitso, M.M., Mohammed, E. B., & Umar, M.T. 2011. **Evaluation of Kinetic Models of Copper and Lead Uptake from Dye Wastewater by Activated Pride of Barbados Shell.** *American Journal of Chemistry.* Vol 1 No: 2 hh: 47 – 51.

- Kanagaraj, J., Vellapan. K. C., Babu, C. B. N. K., & Sadulla S. 2006. **Solid waste generation in leather industry and its utilization for cleaner environment - a review.** *Journal of Scientific and Industrial Research.* Vol 65 No: 7 hh: 541 – 548.
- Kasam, Yulianto, A., & Sukma, T. 2005. **Penurunan COD (Chemical Oxygen Demand) dalam Limbah Cair Laboratorium Menggunakan Filter Karbon Aktif Arang Tempurung Kelapa.** *LOGIKA.* Vol 2 No: 2 hh: 3 – 17.
- Lasindrang, M., Suwarno, Hadisusanto, Tandjung, S.D., & Nitisastro, K.H. 2014. **Adsorpsi Pencemaran Limbah Cair Industri Penyamakan Kulit Oleh Kitosan yang Melapisi Arang Aktif Tempurung Kelapa.** *Jurnal Teknosains.* Vol 3 No: 2 hh: 81 – 166.
- Liu, X., Hu, Q., Fang, Z., Zhang, X., & Zhang, B. 2009. **Magnetic chitosan Nanocomposites : A Useful Recyclable Tool for Heavy Metal Ion Removal.** *Langmuir.* Vol 5 No: 1 hh: 3 – 8.
- Mayasari, H. E., & Sholeh, M. 2016. **Kajian Adsorpsi Krom dalam Limbah Cair Penyamakan Kulit.** *Jurnal Kimia Mulawarman.* Vol 13 No: 2 hh: 50 – 56.
- Puspita, D. 2008. **Penurunan Konsentrasi Total Suspended Solid (TSS) pada Limbah Laundry dengan Menggunakan Reaktor Biosand Filter Disertai dengan Reaktor Activated Carbon.** Tugas Akhir. Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.
- Rukmi, D.P., Ellyke, & Pujiati, R.S. 2013. **Efektifitas Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*) dalam Menurunkan Kadar Deterjen, BOD, dan COD pada Air Limbah Laundry.** Artikel Ilmiah Hasil Penelitian Mahasiswa. Universitas Jember. Jember.
- Saravanabhavan, S., Rathinam, A., Thanikaivelan, P., Rao, J.R., & Nair, B.U. 2003. **Green Solution For Tannery Pollution: Effect Of Enzyme Based Lime-Free Unhairing And Fibre Opening In Combination With Pickle-Free Chrome Tanning.** *The Royal Society of Chemistry. Green Chemistry.* Vol 5 No: 6 hh: 707 – 714.
- Siswoyo, E., Kasam, & Widyanti, D. 2009. **Penurunan Logam Berat Timbal (Pb) Pada Limbah Cair Laboratorium Kualitas Lingkungan UII dengan Menggunakan Tumbuhan Eceng Gondok (*Eichhornia Crassiper*).** *Jurnal Sains dan Teknologi Lingkungan.* Vol 1 No: 1 hh: 68 – 76.
- Wijayanti. 2016. **Modifikasi Kulit Salak (*Salacca zalacca*) Sebagai Adsorben Kromium dalam Limbah Penyamakan Kulit.** Tugas Akhir. Universitas Negeri Yogyakarta. Yogyakarta.