

## Pengolahan Air Limbah Penyamakan Kulit dengan Modifikasi Teknik Aerasi

**Aulia Ulfah Farahdiba<sup>1)</sup>, Tuhu Agung Rachmanto<sup>1)</sup>, Dicky Krisna Adji Pamungkas<sup>1)</sup>,  
Fauzul Rizqa<sup>1)</sup>**

<sup>1)</sup>Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jawa  
Timur, Indonesia  
E-mail: auliaulfah.tl@upnjatim.ac.id

### **Abstrak**

*Industri penyamakan kulit adalah industri yang menghasilkan kontaminan tinggi padatan tersuspensi, dan BOD. Salah satu alternatif dalam proses pengolahan limbah penyamakan kulit dengan menggunakan teknik aerasi. Pada penelitian ini, modifikasi teknik aerasi dengan merekayasa jenis gelembung udara dengan nano dispersed. Variasi yang digunakan dalam penelitian ini adalah jenis mikroorganism (Nitrosomonas sp dan Nitrobakter sp), waktu kontak, dan jenis gelembung. Pada penelitian ini menunjukkan bahwa jenis gelembung nano dispersed sangat efektif dalam menyisihkan BOD hingga 91,6%.*

**Kata Kunci :** Air Limbah Industri, Gelembung Aerasi, Penyamakan Kulit

### **Abstract**

*Leather tanning industry is an industry that produces high levels of suspended solids, COD, and BOD. One alternative in the process of treating leather tanning waste is using aeration technique. In this study, modification of the aeration generate nano dispersed. The variations used in this study were the type of microorganism (Nitrosomonas sp and Nitrobakter sp), contact time, and the type of bubble. In this study, it was shown that the dispersed nano bubble type was very effective in removing BOD up to 91.6%.*

**Keywords:** Aeration Bubble, Leather Tanning, Wastewater

## **1. PENDAHULUAN**

Pembangunan di bidang industri tidak hanya menimbulkan dampak positif, namun juga menimbulkan dampak negatif berupa sisa buangan gas, cair, dan padat yang apabila dibuang ke lingkungan dapat menimbulkan dampak yang besar. Seperti halnya industri penyamakan kulit pada proses produksinya menggunakan zat-zat kimia seperti garam, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, CH<sub>2</sub>O, dan detergen diduga dapat berpengaruh terhadap lingkungan perairan. Limbah industri kulit umumnya menimbulkan pencemaran yang cukup tinggi terutama mengandung COD, BOD, dan TSS sehingga memerlukan penanganan secara tepat agar tidak mengganggu lingkungan. Konsentrasi zat organik mencapai 50% dari total keseluruhan air limbah industri kulit (Sawalha et al, 2019).

Salah satu teknologi yang efektif dalam pengolahan air limbah industri kulit adalah dengan menggunakan proses biologis (Dhiman et al, 2021). Sistem lumpur aktif termasuk dalam proses pengolahan air limbah biologis di mana air limbah dan lumpur aktif dicampur dalam reaktor atau tangki aerasi. Padatan aktif secara biologis mengoksidasi komponen air limbah, yang dipisahkan pada akhir proses melalui sistem pengendapan. (Badjoeri et al, 2002).

Pada instalasi pengolahan biologi yang ada di industri kulit dan produk kulit masih belum efektif karena sistem aerasi yang terdapat pada pengolahan biologi menggunakan *fine bubble diffuser*. Kekurangan *fine bubble diffuser* ini adalah gelembung udara cepat naik ke permukaan dan membutuhkan pipa lateral dan pipa manifold untuk menyalurkan oksigen ke dalam *fine bubble disc*. Adanya pipa lateral dan pipa manifold adalah untuk menyalurkan oksigen dari blower yang terdapat di permukaan. Banyaknya jumlah *fine bubble disc* juga berpengaruh pada oksigen terlarut di dalam air limbah dan jumlah *fine bubble disc* harus sesuai dengan dimensi bak pengolahan biologi. Selain itu, pada proses pengolahan limbahnya juga membutuhkan biaya operasional dan energi yang besar karena pada setiap waktu debit limbah yang masuk ke instalasi pengolahan air limbah UPT industri kulit dan produk kulit sangat fluktuatif serta adanya blower untuk menyalurkan oksigen ke dalam *fine bubble diffuser* (Wahyuni, 2017).

Pada pengolahan biologi terdapat aerator untuk proses aerasi untuk penambahan udara ke dalam air limbah dengan memberikan gelembung-gelembung udara pada air limbah yang terdapat pada instalasi biologi yang disebut proses aerasi. Tujuan dari proses aerasi adalah untuk mempermudah oksigen masuk ke dalam air sehingga kandungan oksigen tetap tinggi. Jumlah oksigen terlarut dalam air juga menentukan pertumbuhan dan aktivitas mikroorganisme yang ada di dalam lumpur aktif dalam mendegradasi bahan organik yang ada dalam limbah cair penyamakan kulit karena mikroorganisme membutuhkan oksigen dalam mendegradasi bahan organik dan juga fase pertumbuhan (Dhiman et al, 2021).

Boyd (1998) dalam Rosmawati (2009) menyatakan bahwa salah satu cara untuk meningkatkan kontak udara-ke-air adalah dengan menggunakan alat mekanis yang dapat mencampur udara dengan air. Aerator adalah alat mekanis yang digunakan untuk meningkatkan kadar oksigen di permukaan air sehingga lebih banyak oksigen yang dapat masuk ke dalam air. Menurut Rosmawati (2009), alat-alat aerasi terdiri dari *diffuser*, venturi, pompa bawah permukaan, pompa dan semburan, aspirator dan kincir. Beberapa pengolahan

air limbah di industri kulit dan produk kulit menggunakan *fine bubble diffuser* pada proses aerasi.

Oleh karena itu pada instalasi pengolahan air limbah di industri kulit dan produk kulit diperlukan adanya inovasi teknologi aerator dalam pengolahan biologi. Penerapan inovasi teknologi aerator tepat guna dalam bentuk *modifikasi aerator pump* ini diharapkan dapat lebih baik dalam membantu mendegradasi beban organik yang ada di limbah cair penyamakan kulit.

## 2. METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini menggunakan reactor batch. Variabel tetap yang digunakan adalah volume limbah 48 L dan kecepatan aliran 0,051 L/s. Variabel bebas perlakuan yakni waktu kontak (1, 4, 16, 24, 48, 60, 72, 84, 96, 108, dan 120 jam), jenis mikroorganisme (*Nitrosomonas sp*, dan *Nitrobacter sp*), *Bacillus sp*, *Lactobacillus sp*, *Saccharomyces*, *Nitrosomonas sp*, dan *Nitrobacter sp*), dan jenis gelembung (*coalesced*, *dispersed*, dan *nano dispersed*).

### 2.1 Lokasi Penelitian

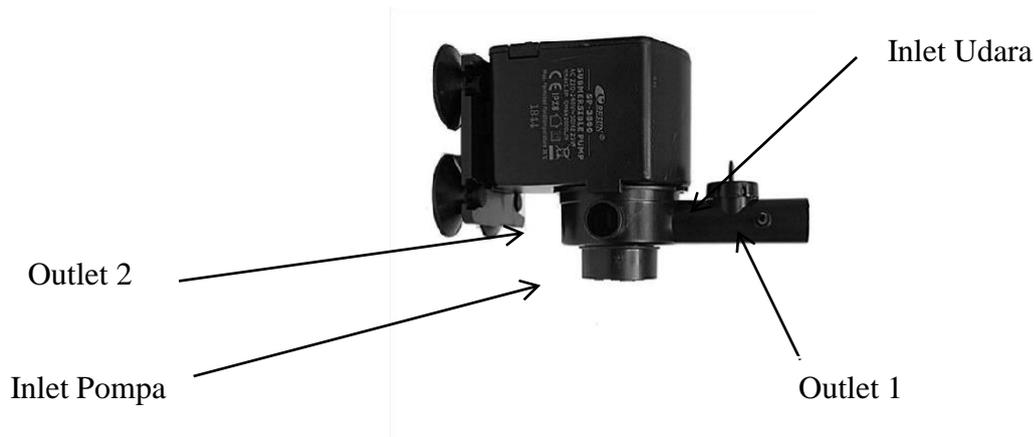
Pengambilan sampel limbah cair penyamakan kulit dilakukan di UPT Industri kulit dan Produk Kulit Magetan Kec. Magetan, Kabupaten Magetan, Jawa Timur. Analisis laboratorium dilakukan di Laboratorium Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur.

#### *Aerator Pump*

Bioreaktor yang digunakan di penelitian ini bervolume 72 L, *aerator pump*, *beaker glass*, dan pH meter. Bioreaktor yang digunakan terbuat dari kaca berukuran panjang 80cm, lebar 30cm dan tinggi 30cm dengan ketebalan kaca 2mm. Gambar 1 menunjukkan desain reaktor. Pada penelitian kali ini menggunakan aerator jet pump untuk menghasilkan 3 jenis bubble yang berbeda (Gambar 2).



**Gambar 3.** Bioreaktor



**Gambar 2.** Konsep alat *submersible strimming bubble aerator pump*

## 2.2 Alat dan Bahan Penelitian

Pada penelitian ini dilakukan uji kualitas air dengan parameter BOD, COD, dan TSS. Metode yang digunakan sesuai dengan standart SNI BOD (*Biochemical Oxygen Demand*), SNI 6989.72:2009.

Bahan-bahan yang digunakan adalah air limbah industri penyamakan kulit (UPT Industri Kulit dan Produk Kulit Magetan) dan lumpur aktif (UPT Industri Kulit dan Produk Kulit Magetan). Air limbah diambil sebanyak 150 liter dan dimasukkan ke dalam 6 buah jerigen dengan volume sebesar 30 liter.

## 2.3 Proses Aklimatisasi

Proses aklimatisasi dilakukan untuk penyesuaian mikroorganisme terhadap limbah cair penyamakan kulit sebelum dimasukkan kedalam bioreaktor utama. Tahapan sistem aklimatisasi yang akan dipergunakan pada penelitian ini meliputi:

1. Penyiapan wadah untuk lumpur aktif sebanyak 10L.
2. Penambahan 500 ml limbah cair penyamakan kulit ke dalam wadah yang berisikan lumpur aktif selama 2 hari.
3. Penyalaan aerator selama 24 jam

## 2.4 Tahap Pengujian Reaktor

Proses pengujian reaktor dimulai dengan cara memasukkan limbah cair penyamakan kulit ke dalam 3 bioreaktor yang telah dirangkai dengan pemberian aerasi serta penambahan 10% volume lumpur aktif yang berasal dari UPT Industri kulit dan Produk Kuli. Analisa awal kandungan BOD kemudian dilakukan sebelum proses pengolahan limbah penyamakan kulit. Kemudian limbah dimasukan pada bioreaktor yang memiliki volume 72 L. Lumpur aktif dimasukan ke dalam bioreaktor sebanyak 10% volume lumpur aktif atau 4,8 L. Pengujian

terhadap parameter dilakukan 1 jam sampai 120 jam. Setelah air limbah diproses, kemudian sampel air limbah diambil sebanyak 100 ml untuk dianalisa.

## 2.5 Analisa Data

Data penelitian dihitung persentase penyisihan BOD pada setiap jenis mikroorganisme dan variasi jenis gelembung yang dihasilkan oleh *submersible stromming bubble aerator pump*. Persentase penyisihan BOD antara sebelum dan sesudah waktu kontak dengan menggunakan persamaan berikut (Sulistyorini, 2018):

$$\text{Persentase penyisihan BOD} = \frac{\text{influen BOD} - \text{efluen BOD}}{\text{influen BOD}} \times 100\% \quad (1)$$

Analisa BOD dengan menggunakan persamaan berikut (SNI tahun 2009):

$$\text{BOD}_5 = \frac{(A1 - A2) - \frac{(B1-B2)}{Vb} Vc}{P} \quad (2)$$

Keterangan:

BOD<sub>5</sub> : nilai BOD<sub>5</sub> contoh uji (mg/L).

A1 : kadar oksigen terlarut contoh uji sebelum inkubasi (0 hari) (mg/L).

A2 : kadar oksigen terlarut contoh uji setelah inkubasi (5 hari) (mg/L).

B1 : kadar oksigen terlarut blanko sebelum inkubasi (0 hari) (mg/L).

B2 : kadar oksigen terlarut blanko setelah inkubasi (5 hari) (mg/L).

Vb : volume suspensi mikroba (mL) dalam botol oksigen blanko.

Vc : volume suspensi mikroba dalam botol contoh uji (mL).

P : perbandingan volume contoh uji (V<sub>1</sub>) per volume total (V<sub>2</sub>).

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1 Hasil Analisa Parameter Awal Sebelum Pengolahan

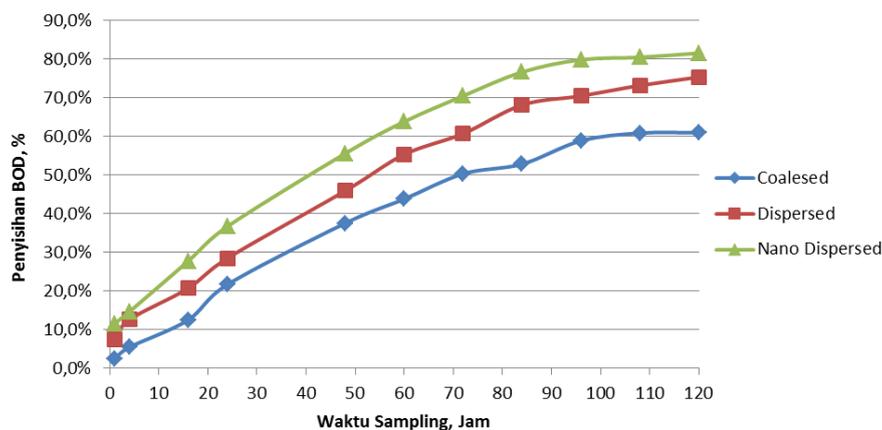
Karakteristik limbah cair industri penyamakan kulit sebelum dilakukan pengolahan dapat dilihat pada Tabel 2. Hasil analisa tersebut menunjukkan bahwa limbah cair industri penyamakan kulit yang berasal dari UPT Industri Kulit dan Produk Kulit Magetan Kecamatan Magetan, Kabupaten Magetan, Jawa Timur belum memenuhi baku mutu limbah cair industri sesuai Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 52 Tahun 2014. Oleh karena itu, pengolahan masih perlu dilakukan sebagai upaya untuk mengurangi pencemaran badan air.

**Tabel 2.** Hasil Analisa Awal Sebelum Pengolahan

No.	Parameter	Hasil	Baku Mutu
1	BOD <sub>5</sub>	996,7 mg/L	100
2	Suhu	29 °C	-
3	pH	7,2	6-9

### 3.2 Pengaruh Waktu Kontak dengan Persentase Penyisihan BOD Pada Berbagai Jenis Gelembung dan Penambahan 10% Volume Lumpur Aktif

Jenis gelembung yang digunakan adalah *coalesced*, *dispersed*, dan *nano dispersed* dengan penambahan 10% volume lumpur aktif terhadap degradasi beban organik pada limbah cair penyamakan kulit dengan proses aerasi pada sistem *batch* dan variasi waktu sampling. Gambar 3 menjelaskan bahwa pada jenis gelembung *nano dispersed effluent* BOD<sub>5</sub> belum memenuhi baku mutu yang ditetapkan dalam Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 52 tahun 2014 tentang standar baku mutu air limbah industri penyamakan kulit dengan waktu kontak 1jam sampai dengan 120 jam. Hal ini dimungkinkan akibat tingginya konsentrasi zat organik yang ada pada air limbah, namun lumpur aktif atau mikroorganisme belum dapat mengolah limbah secara optimal. Hasil *effluent* BOD<sub>5</sub> adalah 881,7 mg/l dan 183,7 mg/l dengan persentase penyisihan mulai dari 11,5% sampai 81,6%.



**Gambar 3.** Grafik Hubungan Antara Waktu Kontak dengan Persentase Penyisihan BOD Pada Berbagai Jenis Gelembung dan Penambahan 10% Volume Lumpur Aktif

Bioreaktor dapat menurunkan limbah karena terdapat mikroorganisme yang merupakan unsur utama dalam lumpur aktif. Mikroorganisme ini bertanggung jawab untuk oksidasi bahan organik dan konversi nutrisi dan bakteri untuk menghasilkan polisakarida dan bahan polimer yang membantu dalam flokulasi biomassa mikrobiologi (Herlambang dan Heru, 1999).

Gambar 3 menunjukkan persentase penyisihan BOD dengan beberapa variabel waktu sampling serta kadar BOD awal limbah penyamakan kulit. Terlihat dari grafik bahwa secara keseluruhan diawali dari nilai yang rendah lalu meningkat dan stabil. Angka persentase kemampuan penyisihan kadar BOD oleh variasi jenis aliran gelembung berpengaruh dengan pertumbuhan bakteri. Proses biodegradasi oleh mikroorganisme aerobik akan berlangsung optimal jika oksigen dan nutrisi tersedia pada konsentrasi yang sesuai (Syamsudin, 2006).

Pada jenis gelembung *nano dispersed* adanya peningkatan penyisihan BOD<sub>5</sub> pada waktu kontak 16 jam sampai dengan 96 jam merupakan aktivitas mikroorganisme yang terdapat pada lumpur aktif yang mampu merombak dan mengoksidasi secara optimal bahan organik dalam limbah cair penyamakan kulit menjadi karbon dioksida dan air yang berarti aktivitas mikroorganisme berada pada fase log. Namun pada waktu kontak 96 jam dan 108 grafik persentase cenderung stagnan, ini disebabkan karena faktor umur lumpur atau beberapa faktor yang mempengaruhi (Nugroho, 2001) (Nasution, 2008).

Jenis variasi gelembung mempengaruhi oksigen terlarut dalam air limbah karena gelembung sebagai media dalam transfer oksigen pada gas diudara dengan cairan pada gas-liquid, diameter gelembung semakin kecil maka luas kontak bidang permukaan semakin besar karena penyebaran gelembung kecil memenuhi seluruh bioreaktor dimana air dan udara berada dalam suatu kontak dengan memaksimalkan luas dari permukaan air ke udara (Yureana, 2008) (Reza, 2014).

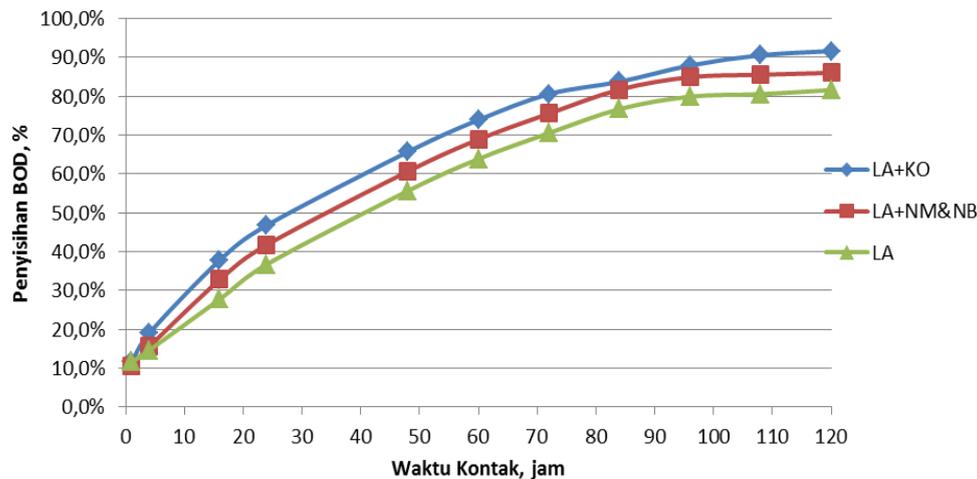
Prinsip kerja diffuser dalam proses aerasi adalah memasukan udara dan oksigen ke dalam gelembung-gelembung yang nantinya gelembung udara akan naik ke permukaan menyebabkan sirkulasi air dan memperbarui luas permukaan air yang berhubungan langsung dengan udara. Menurut Rahayu (2015) Ketersediaan oksigen yang cukup dalam proses biologis memungkinkan bakteri ini berfungsi secara optimal. Hal ini menguntungkan untuk mengurangi konsentrasi zat organik dalam air limbah. Selain untuk proses metabolisme bakteri aerob, keberadaan oksigen juga berguna untuk proses oksidasi senyawa kimia dalam limbah cair dan penghilangan bau (Sari, 2009).

Hubungan antara waktu kontak dengan persentase penyisihan BOD pada berbagai jenis gelembung dan penambahan 10% volume lumpur aktif menunjukkan persentase penyisihan kadar BOD dengan kemampuan penyisihan maksimal sebesar 81,6%. Penyisihan optimal tersebut merupakan hasil dari jenis gelembung *nano dispersed* dengan waktu kontak selama 120 jam dan memiliki kadar BOD<sub>5</sub> sebesar 183,7 mg/L.

### **3.3 Pengaruh Waktu Kontak dengan Persentase Penyisihan BOD Pada Jenis Gelembung *Nano Dispersed* dan Penambahan 10% Volume Lumpur Aktif Serta Jenis Mikroorganisme**

Pemberian sejumlah mikroorganisme ke dalam bioreaktor akan berakibat pada perubahan laju degradasi senyawa organik. Mikroorganisme yang ditambahkan ke dalam bioreaktor diharapkan dapat mampu membantu mikroorganisme yang ada di dalam lumpur aktif untuk

mendegradasi senyawa organik bahkan mampu mendegradasi lebih baik lagi. Pengaruh jenis mikroorganisme dengan penambahan 10% volume lumpur aktif terhadap degradasi beban organik pada limbah cair penyamakan kulit dengan proses aerasi pada sistem *batch* dan variasi waktu sampling terlihat pada Gambar 4. Pada persentase penyisihan BOD dengan variasi jenis mikroorganisme, jenis gelembung yang digunakan adalah *nano dispesred* karena pada Gambar 6. Jenis gelembung dengan persentase penyisihan optimal sebesar 81,6%.



**Gambar 4.** Grafik Hubungan Antara Waktu Kontak dengan Persentase Penyisihan BOD Pada Jenis Gelembung Nano Dispersed dan Penambahan 10% Volume Lumpur Aktif Serta Jenis Mikroorganisme

(Keterangan: LA: Lumpur Aktif; LA+NM&NB: Lumpur aktif + *Nitrosomonas sp* dan *Nitrobacter sp*; LA+KO: Lumpur Aktif + *Bacillus sp*, *Lactobacillus sp*, *Saccharomyces*, *Nitrosomonas sp* dan *Nitrobacter sp*)

Pada gambar 4 menunjukkan bahwa persentase penyisihan BOD<sub>5</sub> dengan penambahan kombinasi antara lumpur aktif dan mikroorganisme konsorsium yang terdiri dari *Bacillus sp*, *Lactobacillus sp*, *Saccharomyces*, *Nitrosomonas sp*, dan *Nitrobacter sp* kemampuan penyisihan 91,6% dengan hasil *effluent* 83,7 mg/l. Hasil *effluent* tersebut sudah memenuhi baku mutu yang ditetapkan dalam Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 52 tahun 2014 tentang standar baku mutu air limbah industri penyamakan kulit.

Namun, pada waktu kontak 84 jam mengalami penurunan penyisihan dibandingkan jam sebelumnya. Hal tersebut dapat terjadi karena mikroorganisme mengalami fase kematian yang sesuai dari siklus pertumbuhan bakteri. Mikroorganisme yang telah mati dapat menjadikan substrat bagi mikroorganisme yang masih hidup dan dapat berkembang biak sesuai dengan laju pertumbuhan bakteri (Sulistyorini, 2018).

#### 4. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian, jenis gelembung yang terbaik adalah jenis gelembung *nano dispersed* dengan persentase penyisihan BOD terbaik 81,6%. Teknologi modifikasi *aerator pump* dalam proses aerasi sangat efektif dapat merekayasa jenis gelembung yang akan digunakan serta mengetahui pola aliran setiap jenis gelembung di dalam bioreaktor. Proses aerasi dengan *Nitrosomonas sp* dan *Nitrobakter sp* serta penambahan mikroorganisme konsorsium menggunakan jenis gelembung *nano dispersed* didapatkan persentase penyisihan BOD 91,6% sedangkan untuk mikroorganisme jenis *Nitrosomonas sp* dan *Nitrobakter sp* dengan jenis gelembung *nano dispersed* didapatkan persentase penyisihan 86%. Penambahan mikroorganisme konsorsium menghasilkan *effluent* yang memenuhi baku mutu yang ditetapkan dalam peraturan gubernur Jawa Timur No. 52 tahun 2014 (batas maksimum kadar BOD<sub>5</sub> adalah 100 mg/L).

#### DAFTAR PUSTAKA

- Adnan, IF., (2003). Pengaruh Jumlah Lubang, Bentuk Pedal, dan Posisi Pemasangan Pedal Pada Aerator Tipe Kincir Terhadap Daya, Diameter, dan Luas Penutupan, Fakultas Teknologi Pertanian Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Badjoeri dan Suryono, T. (2002). Pengaruh Peningkatan Air Limbah Cair Organik Karbon Terhadap Suksesi Bakteri Pembentuk. Bioflok dan Kinerja Lumpur Aktif Beraliran Kontinyu. *Jurnal Limnotek*, 9,(1).
- Boyd, C.E. (1998). Water Quality in Warm Water Fish Pond. Alabama, USA: Auburn University Agricultural Experimental Station
- Éverton Hansena, Patrice Monteiro de Aquimc, Mariliz Gutterresa. (2021). Environmental assessment of water, chemicals and effluents in leather post-tanning process: A review. *Environmental Impact Assessment Review*, 89
- Hassan Sawalha, Razan Alsharabaty, Sawsan Sarsour, Maher Al-Jabari. (2019). Wastewater from leather tanning and processing in Palestine: Characterization and management aspects. *Journal of Environmental Management*, 251
- Herlambang, A dan Heru, D. (1999). Teknologi Pengolahan Limbah Tekstil Dengan Sistem Lumpur Aktif. Jakarta: Kelompok Teknologi Pengelolaan Air Bersih dan Limbah Cair Direktorat Teknologi Lingkungan.

- Herlambang, A. (2005). Teknologi Pengolahan Limbah Tekstil Dengan Sistem Lumpur Aktif.
- Nasution, MI. (2008). Penentuan jumlah Amoniak dan Total Padatan Tersuspensi Pada Pengolahan Air Limbah PT. Bridgestone Sumatera Rubber Estate Dolok Merangkir. Sumatera Utara: Universitas Sumatera Utara.
- Nugroho, B. (2001). Ekologi Mikroba Pada Tanah Terkontaminasi Logam Berat. Thesis Master. Pasca Sarjana IPB. Bgor
- Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 52 Tahun 2014 Tentang Baku Mutu Air Limbah Surabaya.
- Rahayu, N. (2015). Pengolahan Air Limbah Dengan Proses Lumpur Aktif. Bandung: Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Bandung.
- Reza, F. F. (2014). Prototype Unit Pengolahan Limbah (Activated Sludge Biosand Filter Reactor) Untuk Menurunkan Kadar Chemical Oxygen Demand (COD), Biological Oxygen Demand (BOD) dan Total Suspended Solid (TSS) Pada Limbah Cair Tahu. Tugas Akhir . Semarang: Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Semarang.
- Sari, R. (2009). Pengaruh modifikasi Aerator Kincir Angin Tipe Pedal Lengkung Pada Peningkatan Kadar Oksigen Air. Skripsi. Bogor: Departemen Teknik Lingkungan, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor.
- Standar Nasional Indonesia (SNI) No. 06-6989-26 Tahun 2005.
- Sulistiyorini. (2018). Bioremediasi Tanah Tercemar Minyak Bumi dengan Teknik Bioaugmentasi Menggunakan *Pseudomonas Putida* dan *Bacillus sp.*, Skripsi, Fakultas Teknik Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur, Surabaya.
- Syamsudin, Sri, P., dan Andri. (2006). Efektivitas Aplikasi Enzim Dalam Sistem Lumpur Aktif Pada Pengolahan Air Limbah Pulp dan Kertas. *Betita Selulosa* , 43.
- UPT Industri Kulit dan Produk Kulit. (2017). Buku Panduan: Proses Penyamakan Kulit, Magetan.
- Yureana, W. (2008). Pengaruh Debit Terhadap Dinamika Gelembung Udara Dalam Kolom Aerator. *Jurnal Teknik Sipil*, 8 (2).