

## PERAN MIKROBA AEROB DALAM PENGOLAHAN LIMBAH CAIR TEKSTIL

**Wage Komarawidjaja**

Peneliti di Pusat Teknologi Lingkungan,  
Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi

### **Abstract**

*The objective of this study is to understand the performance of microbial degradation activities in textile wastewater treatment unit. Result of BOD, COD, DO and microbial measurement indicated that DO concentration in activated sludge wastewater treatment unit was  $< 0.5$  mg/L, ratio of BOD and COD was  $> 1.99$  and microbial density was around  $1 \times 10^7$  ind/mL. Based on parameter measured, firstly, the DO concentration is not enough for biodegradation process but this condition still work for biofloculation process; secondly, the BOD and COD ratio is indicating that wastewater compound could not fully degrade, eventhough the microbial density in the wastewater unit is in normal number.*

**Key words:** *microbes, activated sludge, biodegradation, biofloculation, textile wastewater*

### **1. PENDAHULUAN**

#### **1.1. Latar Belakang**

Limbah cair tekstil pada umumnya diolah secara fisik, kimia dan biologi, sebagaimana diuraikan dalam pedoman pengelolaan limbah industri tekstil bahwa, pengolahan limbah tersebut dilakukan melalui pengaturan sedimentasi, koagulasi, pH, oksigen terlarut (DO) dan pembuatan kolam lumpur aktif (*activated sludge*)<sup>(1)</sup>.

Limbah tersebut memiliki karakteristik alkalinitas, padatan tersuspensi (SS), suhu dan kebutuhan oksigen biokimia (BOD) yang tinggi. Namun demikian, tinggi rendahnya kandungan BOD dalam limbah tekstil sangat dipengaruhi oleh bahan baku tekstil yang digunakan dalam proses produksi. Dalam Nemerow (1978) antara lain disebutkan bahwa limbah cair tekstil dari bahan baku rayon menghasilkan BOD (1200-1800 mg/L) lebih tinggi dibandingkan dengan limbah cair tekstil dengan bahan baku katun yang menghasilkan kadar BOD berkisar anatar 220-600 mg/L<sup>(2)</sup>.

Selanjutnya ditinjau dari bahan baku dan bahan penolong dalam proses pembuatan tekstil, ternyata limbah yang dihasilkan didominasi oleh senyawa organik yang ditunjukkan oleh dominasi konsentrasi BOD yang tinggi dalam limbah. Dengan karakteristik tersebut, maka pemanfaatan mikroba pengurai dalam pengolahan limbah tekstil merupakan pertimbangan yang tepat.

Oleh karena itu, meskipun awalnya penggunaan teknologi proses pengolahan limbah secara fisika dan kimia lebih menonjol, secara bertahap penggunaan proses biologi yang memanfaatkan konsorsium mikroba telah menjadi alternatif, baik karena merupakan teknik pengolahan yang sederhana maupun alasan ekonomis karena penggunaan bahan kimia yang semakin dikurangi<sup>(1)</sup>.

Dengan memanfaatkan aktifitas mikroba diharapkan senyawa organik yang

terkandung didalam limbah cair tekstil dapat terurai menjadi senyawa yang lebih sederhana dan tidak berbahaya bagi kehidupan perairan.

Adapun aktifitas mikroba yang diharapkan adalah perannya dalam proses penguraian (degradasi) senyawa organik. Proses lain dalam pengolahan limbah ini adalah proses koagulasi dan flokulasi yang merupakan proses destabilisasi muatan pada partikel tersuspensi dan koloid yang dilanjutkan dengan fenomena aglomerasi dari partikel yang terkoagulasi menjadi partikel yang terendapkan<sup>(3)</sup>. Peran inilah yang diharapkan mampu digantikan oleh mikroba, dimana sebelumnya terjadi dengan proses fisik kimia.

### 1.2. Tujuan

Untuk menelaah peran mikroba dan faktor lingkungan yang mendukung kemampuan mikroba menurunkan konsentrasi parameter BOD, maka penelitian dilakukan terhadap aspek mikrobiologi limbah yang berperan dalam pengolahan limbah tekstil, khususnya pada proses kolam lumpur aktif sebagai tempat aktifitas mikroba berlangsung.

## 2. METODOLOGI

### 2.1. Bahan dan Peralatan

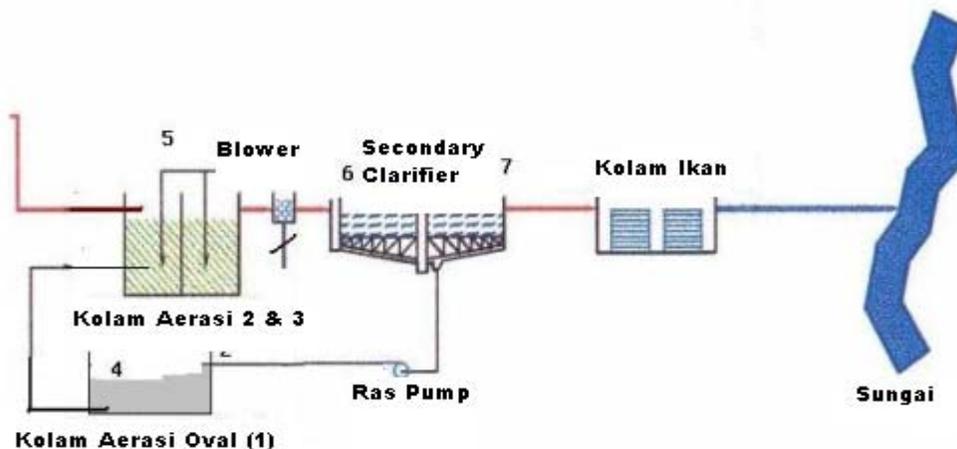
Bahan yang dianalisa berupa limbah cair yang diambil dari unit pengolah limbah tekstil. Bahan lain dalam penelitian ini meliputi bahan kimia untuk analisis kualitas limbah, media tumbuh mikroba, larutan penyangga dan pengencer. Peralatan yang diperlukan adalah oven, incubator, alat sterilisasi/ pasteurisasi, mikroskop, water quality checker, bak fiber, pipet, cawan petri dan botol sampel.

### 2.2. Titik Pengambilan Sampel

Sampel limbah cair diambil pada titik yang mampu memberikan gambaran kualitas limbah sebelum diolah, selama proses pengolahan dan setelah keluar dari proses pengolahan. Kedudukan titik pengamatan pada unit pengolah limbah tersebut disajikan pada Gambar-1.

### 2.3. Tahap Penelitian

Pada tahap ini contoh limbah cair diambil dari semua titik pengamatan. Contoh limbah cair diambil 6 kali dengan selang waktu 2 minggu. Selanjutnya, dilakukan analisis parameter fisik-kimia limbah cair mencakup suhu, DHL, kekeruhan, SS, derajat keasaman (pH), kesadahan, DO, BOD<sub>5</sub> dan COD.



Gambar 1. Titik sampel kualitas air dan mikroba pada unit pengolahan limbah tekstil

Sedangkan kepadatan mikroba pada sampel limbah cair diketahui setelah sampel ditumbuhkan pada media PCA. Untuk perhitungan populasi mikroba, digunakan kisaran jumlah koloni antara 30-300, rataan jumlah koloni yang tumbuh di dalam media PCA dikalikan dengan faktor pengenceran menggambarkan populasi mikroba yang hidup dalam limbah cair tersebut<sup>(4)</sup>.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1. Kualitas Limbah Cair Tekstil

Mikroba aerob yang hidup pada limbah cair sangat tergantung kepada kualitas limbah sebagai habitatnya. Untuk menciptakan kondisi habitat, ada beberapa faktor lingkungan yang harus diperhatikan seperti suhu, pH, DO dan nutrient.

Tabel 1. Hasil analisa kualitas limbah cair unit pengolah limbah cair tekstil.

No.	Parameter	T-2	T-4	T-5	T-6
1.	Temperatur	31.2	32.4	31.8	31.9
2.	pH	7.8	7.6	7.8	7.9
3.	DO	0.36	<0.1	0.44	2.34
4.	Bod	94	89	78	89
5.	COD	203	198	199	178

Sumber: Komarawidjaja (2007) <sup>5</sup>

**Suhu.** Suhu merupakan salah satu parameter penting bagi kehidupan organisme perairan, karena dapat mempengaruhi keseimbangan oksigen terlarut, aktivitas kimia dan biologi dalam air<sup>(6)</sup>. Titik pengamatan-2, 4, 5 dan 6 yang berada pada system lumpur aktif, memiliki suhu berkisar antara 31-32°C. Kondisi suhu yang stabil akan menunjang keseimbangan DO dan kelangsungan aktivitas mikroba dalam air<sup>(7,8)</sup>.

**pH.** Untuk proses bioflokulasi yang baik dibutuhkan kisaran pH 6.5 dan 7.5. Rataan pH pada titik pengamatan 2, 4, 5 dan 6 yang berkisar antara 7-8 merupakan pH yang sesuai bagi aktivitas mikroba dalam proses bioflokulasi dan biodegradasi limbah. pH tersebut masih dalam selang pH 6-9 dimana

proses sporulasi, pertumbuhan vegetatif, biodegradasi dan bioflokulasi limbah oleh mikroba berjalan secara optimum<sup>(9)</sup>.

**DO.** DO adalah salah satu parameter yang penting untuk proses metabolisme mikroba aerob. Kebutuhan oksigen mikroba sangat bervariasi tergantung dengan jenis, stadia dan aktivitasnya. Kelarutan oksigendidalam air dipengaruhi oleh faktor lain seperti suhu air, tekanan parsial oksigen diatmosfir dan kandungan garam yang terlarut<sup>(10)</sup>. Rendahnya konsentrasi DO pada titik pengamatan 2, 4, dan 5 (<0.5 mg/l) diduga berkaitan dengan konsentrasi SS, kekeruhan, DHL dan kesadahan yang tinggi, sehingga kelarutan oksigen didalam limbah tersebut menurun. Demikian juga adanya kenaikan suhu air akan menurunkan kelarutan oksigen<sup>(6,7)</sup>. Kecuali pada titik pengamatan 6, DO meningkat menjadi 2.34 mg/L, meskipun konsentrasi DO tersebut masih belum normal bagi aktifitas biologi mikroba (>3 mg/L).

**Nutrien.** Factor ke-empat adalah kandungan nutrisi. unsur nutrisi pada limbah ini digambarkan oleh konsentrasi BOD<sub>5</sub> dan COD sebagaimana disajikan pada Tabel 1. Ditinjau dari nisbah antara BOD<sub>5</sub>/COD pada selang 1.99-2.54, nilai nisbah ini termasuk golongan limbah yang tidak terurai secara sempurna (Utami, 1992).<sup>11</sup>

#### 3.2. Kepadatan Mikroba

Kepadatan mikroba hasil pengamatan sebagaimana disajikan pada Tabel 2, menunjukkan rataan 10<sup>7</sup> mikroba per milliliter contoh. Hal ini hampir sama dengan populasi mikroba Lumpur aktif yang diungkapkan Sterritt dan Lester (1988) serta Suriawiria (1993), yaitu sebanyak 10<sup>7</sup> mikroba per ml limbah cair<sup>(8,12)</sup>.

Secara umum, perubahan populasi yang terjadi pada titik pengamatan-2, 4, 5 dan 6 tersebut sangat kecil, namun secara kuantitatif memiliki tingkat kecenderungan yang positif bagi peningkatan populasi mikroba.

Jika populasi mikroba dibandingkan ternyata titik pengamatan 4 memiliki populasi paling rendah. Fenomena ini terjadi karena titik pengamatan 4 pada kolam oval, merupakan tempat adaptasi dan aklimatisasi bagi mikroba *starter culture*, sehingga hanya mikroba yang mampu menyesuaikan dengan karakteristik habitat baru yang akan hidup dan berkembang biak.

Tabel 2. Kepadatan mikroba unit pengolah limbah cair tekstil.

Suhu, pH, DO dan BOD<sub>5</sub> merupakan factor lingkungan yang berpengaruh terhadap peningkatan populasi mikroba pada kolam Lumpur aktif<sup>(9)</sup>. Factor lain yang berpengaruh terhadap perubahan populasi adalah keterbatasan kemampuan mikroba dalam penguraian bahan organik, sehingga akan membatasi pemasokan unsure hara bagi aktivitas mikroba dan secara tidak langsung membatasi peningkatan populasi mikroba dalam system tersebut. Padahal sumber nutrient dan unsure hara yang tersedia dalam limbah terbatas.

### 3.3. Biodegradasi dan Bioflokulasi Mikroba

Dengan mengetahui status habitat pada lumpur aktif dan kandungan limbah yang memerlukan pengolahan, maka peran mikroba dalam proses biodegradasi dan bioflokulasi yang terjadi dapat ditelusuri secara rinci sebagai berikut.

**Biodegradasi.** Titik pengamatan 4, 5 dan 6 yang berada pada sistem Lumpur aktif, memiliki suhu 31-32°C, pH 7-8, DO <0.5 mg/l dan nisbah BOD<sub>5</sub>/COD 1.99-2.54. Dengan hanya memperhatikan kondisi suhu

dan pH maka aktivitas mikroba mesofilik dalam pengolahan limbah dapat berjalan secara optimal<sup>(7,8)</sup>. Namun karena konsentrasi DO pada sistem lumpur aktif (titik pengamatan 4, 5 dan 6) yang rendah (<0.5 mg/l), maka aktivitas biodegradasi mikroba secara optimal sulit dicapai. Padahal jika kadar DO diatas 0.72 mg/l proses biodegradasi yang optimal akan bisa dilakukan<sup>(14)</sup>. Hasil bioegradasi yang optimal menurut Vennes (1970) mampu menurunkan kadar BOD<sub>5</sub> limbah tekstil sebesar 77%<sup>(15)</sup>. Sebaliknya Nemerow (1978) mengungkapkan bahwa kombinasi penggunaan sistem trickling filter dan sistem lumpur aktif pada pengolahan limbah tekstil, menurunkan konsentrasi BOD<sub>5</sub> antara 40-60%<sup>(2)</sup>. Belum sempurnanya penurunan BOD<sub>5</sub> dan COD pada sistem lumpur aktif unit pengolahan limbah erat hubungannya dengan konsentrasi DO titik pengamatan 4, 5 dan 6 yang rendah serta nisbah antara BOD<sub>5</sub>/COD (1.99-2.54) termasuk golongan limbah yang tidak terurai secara sempurna<sup>(11)</sup>.

**Bioflokulasi.** Mikroba merupakan salah satu mikroorganisme yang mampu menghasilkan senyawa flokulan yang berfungsi dalam proses flokulasi koloid dan partikel tersuspensi dalam limbah cair.<sup>(16)</sup>

Di dalam Lachhwani (2005) disebutkan bioflokulan dihasilkan mikroba secara ekstraselular oleh mikroba lumpur aktif. Bahkan lebih lanjut dilaporkan bahwa penghasil bioflokulan dalam lumpur aktif tersebut adalah antara lain mikroba dari jenis *Bacillus* dan *Rhodococcus*<sup>(18)</sup>. Hal serupa dikemukakan juga dalam Komarawidjaja (2007) bahwa salah satu isolat mikroba lumpur aktif termasuk jenis *Bacillus sp.*<sup>(13)</sup>, sehingga diharapkan bahwa jenis mikroba yang teridentifikasi dalam pengamatan di unit pengolah limbah cair tekstil ini merupakan konsorsium mikroba penghasil flokulan.

Hasil pengamatan dalam unit pengolah limbah tekstil tersebut menunjukkan bahwa konsentrasi DO titik pengamatan 4, 5 dan

No.	
1.	
2.	
3.	
4.	

Sumber:

6 cukup untuk proses bioflokulasi serta respirasi sel mikroba. Menurut Gaudy dan Gaudy (1980) bahwa untuk aktifitas mikroba dalam proses bioflokulasi, hanya diperlukan konsentrasi DO sekitar 0.5 mg/l.<sup>(7)</sup>

Efisiensi penurunan konsentrasi SS dan kekeruhan mencapai 98% pada titik pengamatan 7<sup>(6)</sup>. Penurunan konsentrasi COD pada titik pengamatan-7 lebih baik dari pada laporan Phol (1970) yang melaporkan efisiensi penurunan SS sebanyak 85% dalam waktu 24 jam<sup>(17)</sup>. Dengan demikian penurunan konsentrasi SS dan kekeruhan pada titik pengamatan 7 mengindikasikan aktivitas mikroba dalam proses bioflokulasi berjalan secara optimal.

#### 4. PENUTUP

Hasil pengamatan unit pengolahan limbah cair tekstil menyimpulkan:

1. Data pengukuran parameter suhu berkisar 31-32°C dan pH berkisar 7-8 menunjukkan kondisi yang sesuai bagi aktivitas mikroba.
2. Nisbah antara BOD dan COD berkisar antara 1.99-2.54 menggambarkan limbah cair tekstil sulit terurai secara sempurna.
3. Kepadatan mikroba sekitar  $1 \times 10^7$  ind/mL menunjukkan populasi yang normal dijumpai pada sistem lumpur aktif.
4. Konsentrasi DO yang lebih rendah dari 0.5 mg/L mengindikasikan bahwa aktivitas mikroba akan terhambat dalam proses degradasi limbah, kecuali dalam proses bioflokulasi.

#### DAFTAR PUSTAKA

1. Anonimous. 1982. Buku panduan pencegahan dan penanggulangan pencemaran lingkungan akibat air buangan industri tekstil. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Industri Tekstil, Bandung.
2. Nemerow, N. L., 1978. *Industrial water pollution, origins, characteristics, and treatment*. Addison-Wesley Publishing Coy, Sydney, p. : 310-333.
3. Migo V P, M Matsumura, E J D Rosario and H Kataoka. 1993. Decolorization of Molasses Wastewater Using Inorganic flocculant. *J. of Fermentation Bioengineering* 76(1):29-32.
4. Lay B W dan S Hastowo. 1992. *Mikrobiologi*. Rajawali Press, Jakarta. 376 p.
5. Komarawidjaja, W. 2007. Degradasi BOD dan COD pada sistem lumpur aktif pengolahan limbah cair tekstil. *J.Tek.Ling.* 8(1):22-28. ISSN 1441 – 318X
6. Mahida, U N. 1986. *Pencemaran air dan pemanfaatan limbah industri*. Penerbit CV Rajawali, Jakarta, 543 p.
7. Gaudy, A F. and E. T. Gaudy, 1980. *Microbiology for environmental scientist and engineers*, McGraw-Hill Book Co. Singapore.
8. Sterritt, R M and J H Lester. 1988. *Microbiology for environmental and public health engineers*. E & F N Spoon Ltd. London. 278 p.
9. Pipes, W.O., 1966. *The ecological approach to the study of activated sludge*, In Umbreit, W. W. (Ed.), *Advance in applied microbiology* Vol. 8: 1-31 . Academic Press, New York.
10. Sawyer, C N and P L McCarty. 1985. *Chemistry for environmental engineering*. 3<sup>rd</sup> Edition. McGraw-Hill Book Co. Singapore. 532 p.
11. Utami, A, 1992, Evaluasi biodegradability dari air limbah untuk menentukan pengolahannya, BPP Teknologi, Tidak diterbitkan.
12. Suriawiria.U. 1993. *Mikrobiologi air dan dasar dasar pengolahan buangan secara biologis*. Edisi Kedua. Penerbit Alumni. Bandung. 330p.
13. Komarawidjaja, W. 2007. Karakteristik dan keragaman mikroba unit pengolahan limbah tekstil. *J.Tek.Ling.* 8(2):150 - 155. ISSN 1441 – 318X

14. Senghas, E and F Lingens. 1985. Characterization of a new gram negative filamentous bacterium isolated from bulking sludge. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 21: 118-124.
15. Vennes, 1. N., 1970, State of the art-oxidation lagoons, Second International Symposium for Waste Treatment Lagoons, Kansas City.
16. Kurane R and Matsuyama H. 1994. Production of a bioflocculant by mixed culture. *J. Biosci. Botech* 58(9):1584-1594.
17. Phol, E.F., 1970, A rational approach to the design of aerated lagoons, Second International Symposium for Waste Treatment Lagoons, Kansas City.
18. Lachhwani P. 2005. Study on polymeric bioflocculant producing microorganisms. Dept. of Biotech. And Environment. Sci., Thapar Institute of Engineering & Technology, Deemed University. Patalia