

KEMAMPUAN MIKROBA KONSORSIUM UNTUK APLIKASI PENGOLAHAN LIMBAH TEKSTIL

Rofiq Sunaryanto

Pusat Teknologi Bioindustri Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi
Gd.614 Laptiab BPPT PUSPIPTEK Serpong Tangerang Selatan 15314.

Email : rofiq.sunaryanto@bppt.go.id

ABSTRAK

Industri tekstil merupakan industri penyumbang devisa negara nomor tiga setelah pariwisata dan kelapa sawit. Namun demikian industri tekstil di Indonesia dihadapkan pada permasalahan lingkungan dimana industri ini dikenal menghasilkan limbah yang cukup besar. Disamping menghasilkan zat pewarna, industri tekstil juga menghasilkan limbah cair dengan pH basa, mengandung fenol, logam berat, surfaktan dan beberapa jenis larutan penghilang kanji. Industri tekstil biasanya menghasilkan limbah dengan BOD yang cukup tinggi dan sebagian besar adalah limbah organik. Pengolahan limbah tekstil yang kaya akan limbah organik dengan BOD yang tinggi lebih tepat digunakan pengolahan limbah secara biologi dengan memanfaatkan mikroba konsorsium. Telah dilakukan uji kemampuan mikroba konsorsium yang terdiri dari *Bacillus* sp, *Bacillus thuringiensis*, *Bacillus subtilis*, dan *Pseudomonas* sp untuk pengolahan limbah tekstil. Penggunaan mikroba konsorsium ini mampu menurunkan kadar BOD dari 875 mg/L menjadi 95 mg/L, kadar COD 1875 mg/L menjadi 105 mg/L, SV30 menit dari 95% menjadi 85%, SV24 jam dari 67% menjadi 32%. Mikroba konsorsium ini berpotensi untuk dapat digunakan untuk pengolahan limbah dengan sistem lumpur aktif (*active sludge*).

Kata Kunci : Limbah, tekstil, konsorsium mikroba, active sludge.

CONSORTIUM MICROBAL CAPABILITIES FOR THE APPLICATION OF TEXTILE WASTE PROCESSING

ABSTRACT

*The textile industry is three largest of contributor to foreign exchange after tourism and oil palm. However, the textile industry in Indonesia is faced with environmental problems where the industry is known to produce complex waste. Besides producing coloring agents, the textile industry also produces liquid wastes of high pH, containing phenols, heavy metals, surfactants and some types of starch removal solutions. The textile industry usually produces waste with a fairly high BOD and most of it is organic waste. Processing of textile waste which is rich in organic waste with high BOD is more appropriate to be used to treat waste biologically by utilizing a microbial consortium. The ability of the microbial consortium has been tested which consists of *Bacillus* sp, *Bacillus thuringiensis*, *Bacillus subtilis*, and *Pseudomonas* sp for textile waste treatment. The use of this microbial consortium is able to reduce BOD levels from 875 mg / L to 95 mg / L, COD levels from 1875 mg / L to 105 mg / L, SV 30 minutes from 95% to 85%, SV24 hours from 67% to 32%. This microbial consortium has the potential to be used for processing waste with an active sludge system.*

Keywords: Waste, textile, microbial consortium, active sludge.

LATAR BELAKANG

Industri tekstil merupakan salah satu penghasil devisa negara (PDB) terbesar ketiga setelah sektor pariwisata dan komoditi kelapa sawit. Namun demikian industri tekstil juga merupakan salah satu industri yang tergolong sebagai penyumbang limbah cair yang cukup tinggi di lingkungan. Dalam melakukan kegiatannya industri besar maupun kecil membutuhkan banyak air dan bahan kimia yang digunakan antara lain dalam proses pelenturan, pewarnaan dan pemutihan (Qiu et al. 2019). Salah satu proses penting dalam produksi garmen adalah proses pencucian atau laundry yang dapat disebut juga sebagai proses akhir dalam produksi garmen yaitu dengan cara pelenturan warna asli dan pemberian warna baru yang diinginkan (Kiran et al. 2017). Limbah dan emisi merupakan non product output dari kegiatan industri tekstil. Khusus industri tekstil yang didalam proses produksinya mempunyai unit Finishing Pewarnaan (*dyeing*) mempunyai potensi sebagai penyebab pencemaran air dengan kandungan amoniak yang tinggi. Pihak industri pada umumnya masih melakukan upaya pengelolaan lingkungan dengan melakukan pengolahan limbah (*treatment*) (Kiran et al. 2017). Dengan membangun instalasi pengolah limbah memerlukan biaya yang tidak sedikit dan selanjutnya pihak industri juga harus mengeluarkan biaya operasional agar buangan dapat memenuhi baku mutu. Untuk saat ini pengolahan limbah pada beberapa industri tekstil belum menyelesaikan penanganan limbah industri

Air limbah yang dibuang begitu saja ke lingkungan menyebabkan pencemaran, antara lain menyebabkan polusi sumber-sumber air seperti sungai, danau, sumber mata air, dan sumur. Limbah cair mendapat perhatian yang lebih serius dibandingkan bentuk limbah yang lain karena limbah cair dapat menimbulkan pencemaran lingkungan dalam bentuk pencemaran fisik, pencemaran kimia, pencemaran biologis dan pencemaran radioaktif. Limbah tekstil merupakan limbah cair dominan yang dihasilkan industri tekstil karena terjadi proses pemberian warna (*dyeing*) yang di samping memerlukan bahan kimia juga memerlukan air sebagai media pelarut. Industri tekstil merupakan suatu industri yang bergerak dibidang garmen dengan mengolah kapas atau serat sintetis menjadi kain melalui tahapan proses: *Spinning* (pemintalan) dan *Weaving* (penenunan). Limbah industri tekstil tergolong limbah cair dari proses pewarnaan yang merupakan senyawa kimia sintetis, mempunyai kekuatan pencemar yang kuat. Bahan pewarna tersebut telah terbukti mampu mencemari lingkungan (Boda et al. 2017). Zat warna tekstil merupakan zat yang mempunyai kemampuan untuk diserap oleh serat tekstil dan bersifat kromofor. Gugus kromofor ini dapat berikatan dengan serat tekstil (Roy et al. 2018).

Permasalahan umum dari limbah industri tekstil adalah tingginya kandungan bahan organik. Senyawa organik yang terkandung berupa senyawa karbohidrat, protein, minyak, zat aktif permukaan, dan zat aromatik seperti zat warna dan aditif. Zat kimia yang terkandung dalam limbah industri tekstil seperti natrium hidroksida, lilin, alkohol, klor. Kandungan tersebut naiknya nilai BOD dan COD (Citroreksone dan Permana, 2009).

Industri tekstil menghasilkan limbah dengan kandungan warna yang sangat tinggi. Air limbah tekstil secara umum memiliki kandungan BOD dan COD yang

cukup tinggi, yaitu 80–6000 mg/L dan 150-120000 mg/L. Warna dari air limbah tekstil berdasarkan skala PtCo berkisar antara 50-2500 (Sastrawidana *et al*, 2012). Nilai BOD dan COD yang dikeluarkan oleh limbah tekstil tersebut memiliki nilai yang jauh dari ambang batas berdasarkan Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 51 tahun 1995. Nilai BOD yang diperbolehkan berkisar antara 300 mg/L sedangkan nilai COD ambang batas yang diperbolehkan adalah 150 mg/L.

Pembuangan air limbah tekstil langsung ke lingkungan akan menimbulkan banyak dampak. Dampak yang dihasilkan antara lain persoalan estetika hingga dapat mengganggu ekosistem akuatik. Pembuangan limbah tekstil akan mengakibatkan perairan menjadi terlihat keruh. Perairan yang keruh dan berwarna ini akan membuat penetrasi sinar matahari yang masuk ke perairan terganggu, sehingga fotosintesis dari mikroalga tidak maksimal. Karena fotosintesis yang tidak maksimal, maka pasokan oksigen di dalam air menjadi berkurang dan membuat mikroorganisme anoksik-anaerob yang menghasilkan produk berbau tak sedap (Sastrawidana *et al*, 2012).

Pengolahan limbah tekstil perlu dilakukan untuk meminimalkan dampak negatif dari air limbah yang dihasilkan. Pengolahan tersebut perlu dilakukan dengan menyediakan teknologi pengolahan air limbah yang efektif dan efisien sehingga ramah lingkungan. Pengolahan limbah cair dapat dilakukan menggunakan beberapa cara baik itu kimia, fisika, dan biologi. Pengolahan limbah secara kimia dan fisika memang cukup efektif dalam menghilangkan warna. Namun, pengolahan secara fisika dan kimia memiliki kekurangan yaitu dari sisi biaya yang tidak efisien dan juga pemakaian bahan kimia akan menghasilkan *sludge* yang banyak. Untuk itu perlu dilakukan pengolahan limbah tekstil secara biologi.

Proses pembersihan lingkungan dari bahan pencemar secara biologi memanfaatkan organisme baik secara *in-situ* maupun *ex-situ* sering disebut dengan istilah bioremediasi (Soeprbowati *et al*. 2013). Bioremediasi yang memanfaatkan makhluk hidup untuk merombak substansi yang berbahaya menjadi komponen yang tidak berbahaya, memungkinkan diciptakannya kondisi lingkungan, sehingga terjadi suasana kondusif bagi terselenggaranya interaksi sinergistik bagi mikroba untuk mampu bekerja secara optimal. Optimalisasi kondisi lingkungan dilakukan agar aktivitas metabolisme mikroba dapat terselenggara dengan baik (Sheehan, 1997). Bioremediasi limbah tekstil menggunakan bakteri saat ini terus dikembangkan karena diyakini sebagai strategi penanganan limbah yang efektif, murah, dan ramah lingkungan (Sastrawidana *et al*, 2008). Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kemampuan mikroba konsorsium yang terdiri dari *Bacillus* sp, *Bacillus thuringiensis*, *Bacillus subtilis*, dan *Pseudomonas* sp dalam aplikasinya untuk mengolah limbah cair industri tekstil.

METODE PENELITIAN

Isolat *Bacillus* sp, *Bacillus thuringiensis*, *Bacillus subtilis*, dan *Pseudomonas* sp merupakan kultur koleksi yang dimiliki oleh Pusat Teknologi Bioindustri BPPT. Sampel limbah industri tekstil diperoleh dari industri tekstil yang berada di Surakarta Jawa tengah. Sampel diambil dari effluent limbah yang dihasilkan secara langsung.

Tahap Kultivasi Isolat

Keempat isolat yang disimpan dalam bentuk gliserol stok diregenerasi dengan cara dikulturkan dalam media agar (*Nutrient Agar*) dan diinkubasi pada suhu 30°C selama 4 hari. Koloni yang tumbuh selanjutnya dikulturkan kembali dalam media cair dengan menggunakan media *Nutrient Broth* dan diinkubasi pada suhu 30°C selama 2 hari. Selanjutnya dihitung jumlah sel per-mililiter menggunakan metode TPC.

Tahap Pengujian Isolat Dalam Limbah Industri Tekstil

Sebanyak 1% atau setara dengan 10mL campuran keempat isolat (masing-masing isolat sebanyak 2,5mL) yang telah disiapkan sebelumnya, dimasukkan dalam 1000mL cairan limbah tekstil. Selanjutnya diambil sampel untuk dianalisa sebagai kondisi awal dari limbah tekstil. Parameter yang dianalisa adalah Sludge Volume (SV30 jam dan 24jam), DO, BOD, COD, pH. Selanjutnya diinkubasi pada suhu 30°C dengan pengadukan shaker 150 Rpm. Pada jam ke-72 diambil sampel dan diuji Sludge Volume (SV30menit dan 24jam), DO, BOD, COD, pH.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam pengolahan limbah tekstil yang menggunakan metode lumpur aktif, ada beberapa parameter yang perlu diperhatikan antara lain DO, BOD, COD, pH, dan volume pengendapan lumpur aktif. Keberhasilan penggunaan metode lumpur aktif sangat dipengaruhi oleh potensi mikroba yang digunakan atau yang berperan dalam proses koagulasi. Dalam penelitian ini parameter yang diamati dalam pengolahan limbah tekstil dengan menggunakan mikroba konsorsium adalah DO, BOD, COD, pH, dan (SV30 menit dan 24 jam). Adapapun hasil pengujian mikroba konsorsium dalam proses pengolahan limbah tekstil menggunakan metode lumpur aktif disajikan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Pengukuran hasil pengolahan limbah sebelum dan sesudah pemberian mikroba konsorsium.

parameter yang diukur (satuan)	Pengukuran Awal/sebelum perlakuan	Pengukuran Akhir/setelah penambahan mikroba konsorsium (inkubasi 72jam)
DO (mg/L)	4,05	4,11
BOD (mg/L)	875	95
COD (mg/L)	1875	105
SV30menit (%)	95	85
SV24 jam (%)	67	32
pH	8,3	7,7

Dissolve Oxygen atau disingkat DO adalah salah satu parameter yang penting untuk proses metabolisme mikroba aerob. Kebutuhan oksigen mikroba sangat bervariasi tergantung dengan jenis dan aktivitasnya. Kelarutan oksigen didalam air dipengaruhi oleh faktor lain seperti suhu air, tekanan parsial oksigen diatmosfir dan

kandungan garam yang terlarut (Sawyer dan McCarty, 1985). Semakin tinggi suhu larutan tersebut maka kelarutan oksigen akan semakin berkurang, demikian sebaliknya. DO sampel yang diuji adalah sebesar 4,05 mg/L. Konsentrasi tersebut merupakan kadar sedang untuk ukuran limbah industri tekstil. DO 4,05 mg/L menunjukkan masih memenuhinya kebutuhan untuk aktivitas biologi mikroba yang ada didalamnya. Dengan demikian degradasi dan koagulasi limbah dengan menggunakan mikroba masih memungkinkan. Hasil pengolahan limbah dengan menambahkan mikroba konsorsium selama 72 jam selanjutnya dipisahkan padatan tersuspensi ternyata meningkatkan DO 4,05 menjadi 4,11. Peningkatan ini diduga disebabkan karena berkurangnya padatan tersuspensi dan kekeruhan sampel limbah yang telah diolah.

Biological Oxygen Demand atau disingkat BOD merupakan analisis empiris untuk mengukur proses biologis karena aktivitas makhluk hidup dalam sampel yang diuji. BOD menunjukkan oksigen yang dibutuhkan oleh mikroorganisme dalam penghancuran bahan organik. Semakin tinggi bahan organik yang terkandung, semakin tinggi oksigen digunakan maka nilai BOD semakin tinggi. 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 antara 220-600 mg/L. Dari hasil pengujian BOD pada limbah tekstil terlihat dalam Tabel 1 kondisi awal sebelum perlakuan BOD limbah tekstil adalah sebesar 875 mg/L. Setelah dilakukan perlakuan dengan penambahan mikroba konsorsium dan diinkubasi selama 72 jam terjadi penurunan BOD menjadi 95 mg/L, yang artinya terjadi penurunan BOD sebesar 89%. Hasil bioegradasi yang optimal menurut Vennes (1970) jika mampu menurunkan kadar BOD limbah tekstil sebesar 77%. Dibandingkan dengan metode yang dilakukan oleh Vennes, penggunaan mikroba konsorsium ini masih jauh lebih baik, dimana penurunan BOD mencapai 89%. Nilai BOD hasil perlakuan dengan penambahan mikroba konsorsium masih dibawah baku mutu air yang disyaratkan dalam KepMenLH No.51/MENLH/10/1995 yaitu 50-150 mg/L sehingga memenuhi syarat untuk dibuang ke lingkungan.

Chemical Oxygen Demand atau disingkat COD merupakan analisis empiris untuk mengukur kebutuhan oksigen untuk mengoksidasi senyawa terlarut dan partikel organik dalam air. Semakin tinggi banyak senyawa kimia dan partikel organik yang mampu dioksidasi secara kimia maka semakin tinggi nilai COD yang artinya semakin tinggi tingkat cemarannya. Dari Tabel 1 tersebut diatas terlihat COD awal sebelum dilakukan perlakuan penambahan mikroba konsorsium adalah sebesar 1875 mg/L. Namun setelah dilakukan penambahan mikroba konsorsium dan diinkubasi selama 72 jam terjadi penurunan COD menjadi 105mg/L. Dengan demikian dengan perlakuan ini mampu menurunkan COD sebesar 94%. Nilai COD hasil perlakuan dengan penambahan mikroba konsorsium masih dibawah baku mutu air yang disyaratkan dalam KepMenLH No.51/MENLH/10/1995 yaitu 100-300mg/L sehingga memenuhi syarat untuk dibuang ke lingkungan. Dilihat dari nisbah COD/BOD setelah dilakukan pengolahan dengan mikroba konsorsium adalah sebesar 1,1. Nilai ini termasuk golongan limbah yang tidak terurai secara sempurna (Utami 1992).

Suspension Volume (SV) merupakan penyederhanaan pengukuran SVI (*Sludge Volume Index*) yang menunjukkan kinerja masa pengendapan. Dari Tabel 1 tersebut diatas terlihat bahwa sebelum perlakuan nilai SV30menit dan SV24jam berturut-turut adalah sebesar 95% dan 67%. Setelah dilakukan perlakuan penambahan mikroba konsorsium nilai SV30menit dan SV24jam berturut-turut adalah sebesar 85% dan 32%. Pencapaian nilai *sludge volume* 30 menit dan *sludge volume* 24 jam menunjukkan telah terjadi pemisahan flok yang cukup baik, sehingga jika dibuang ke lingkungan limbah cair sudah tidak bercampur dengan suspensi bakteri. Kemampuan bakteri dalam membentuk flok menentukan keberhasilan pengolahan limbah secara biologi, karena akan memudahkan pemisahan partikel dan air limbah. Selama proses pengendapan flok, material yang terdispersi, seperti sel bakteri dan flok kecil, menempel pada permukaan flok. Pembentukan flok lumpur aktif dan penjernihan dengan pengendapan flok akibat agregasi bakteri dan mekanisme adesi. Selanjutnya dinyatakan pula bahwa flokulasi dan sedimentasi flok tergantung pada hypobisitas internal dan eksternal dari flok dan material exopolimer dalam flok, dan tegangan permukaan larutan mempengaruhi hypobisitas lumpur granular dari reaktor lumpur (Herlambang 2013).

Pada proses pengolahan limbah dengan mikroba maka dibutuhkan kisaran pH 6,5 dan 7,5. pH limbah tekstil yang akan diberi perlakuan dengan penambahan mikroba konsorsium adalah sebesar 8,3. Kisaran pH ini masih memungkinkan untuk tumbuh berkembangnya mikroba atau proses sporulasi atau pertumbuhan vegetatif untuk proses flokulasi, namun demikian pH optimum untuk pertumbuhan mikroba adalah pH netral. Karena pertimbangan waktu dan keekonomian maka proses perlakuan tetap dilakukan pada pH awal 8,3. Dari hasil proses perlakuan dengan penambahan mikroba konsorsium setelah inkubasi selama 72 jam terjadi penurunan pH menjadi 7,7. Penurunan pH ini diduga diakibatkan oleh terbentuknya asam organik yang dihasilkan dari proses metabolisme mikroba (Pipes, 1966).

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan sebagai berikut :
Penggunaan mikroba konsorsium ini mampu menurunkan kadar BOD dari 875 mg/L menjadi 95 mg/L, kadar COD 1875 mg/L menjadi 105 mg/L, SV30 menit dari 95% menjadi 85%, SV24jam dari 67% menjadi 32%. Mikroba konsorsium ini berpotensi untuk dapat digunakan untuk pengolahan limbah dengan sistem lumpur aktif (*active sludge*).

DAFTAR PUSTAKA

- Boda MA, Sonalkar SV, Shendge MR (2017) Waste Water Treatment of Textile Industry: Review. *Inter Sci Res Dev* 5(2):173-176.
- Citroreksono, Padmono, Permana, Djumhawan Ratman (2009). Peningkatan Efisiensi Bioproses pada Instalasi Pengolahan Air Limbah Pabrik Tekstil. *Jurnal LIPI: 94-98*.

- Herlambang A (2013) *Teknologi Pengolahan Limbah Cair Industri*. Publikasi Ilmiah. Pusat Pengkajian dan Penerapan Teknologi Lingkungan, Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi, Jakarta.
- Kiran S, Adeel S, Nosheen S, Hassan A, Usman M, Rafique MA (2017) Recent Trends in Textile Effluent Treatments: A Review dalam *Advanced Materials for Wastewater Treatment*. Shahid-ul-Islam. Scrivener Publishing LLC
- Nemerow NL (1978) *Industrial water pollution, origins, characteristics, and treatment*. Addison-Wesley Publishing Coy, Sydney, p. : 310-333.
- Pipes WO (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.
- Qiu P, Yin H, Guo H, Qian Y, Kong Z, Zheng X, Tang Z (2019) Textile Wastewater Treatment for Water Reuse: A Case Study. *Processes* 7 (34): 1-21 doi:10.3390/pr7010034.
- Roy CK, Jahan MAA, Rahman SS (2018) Characterization and Treatment of Textile Wastewater by Aquatic Plants (Macrophytes) and Algae, "Eur. J. Sustain. Dev. Res 2(3): 2542-4742
- Sastrawidana IDK, Bibiana WL, Anas M F, Dwi AS (2008) Pemanfaatan Konsorsium Bakteri Lokal Untuk Bioremediasi Limbah Tekstil Menggunakan Sistem Kombinasi Anaerobik-Aerobik Sistem. 2008. *Jurnal Berita Biologi* 9(2): 123-132.
- Sastrawidana IDK, Maryam S (2012) Perombakan Air Limbah Tekstil Menggunakan Jamur Pendegradasi Kayu Jenis *Polyporus sp* Teramobil pada Serbuk Gergaji Kayu. *Jurnal Bumi Lestari* Vol 12: 382-389.
- Sawyer, CN and PL McCarty (1985) *Chemistry for environmental engineering*. 3 Edition. McGraw-Hill Book Co. Singapore. 532 p.
- Sheehan D (1997) *Methods in Biotechnology*. Bioremediation Protocols. Humana Press: Totowa New Jersey.
- Soeprbowati, Retnaningsih T, Hariyati, Riche (2013) Potensi Mikroalga Sebagai Agen Bioremediasi dan Aplikasinya dalam Penurunan Konsentrasi Logam Berat pada Instalasi Pengolahan Air Limbah Industri. *Laporan Penelitian*. Universitas Diponegoro: Semarang.
- Utami A (1992) Evaluasi biodegradability dari air limbah untuk menentukan pengolahannya, BPPTeknologi, Tidak diterbitkan.
- Vennes LN (1970) State of the art-oxidation lagoons, Second International Symposium for Waste Treatment Lagoons, Kansas City.