

Penurunan Konsentrasi COD Limbah Batik Pada Proses Seeding dan Aklimatisasi Menggunakan Material Preservasi Mikroorganisme (MPMO)

Veny Rachmawati, Ratih Nurjayati*, Mutia Dewi Yuniati

Pusat Penelitian Geoteknologi, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia, Kota Bandung, Jawa Barat 40135, Indonesia
*Corresponding author: rnurjayati@gmail.com

Info Artikel: Diterima 5 April 2021 ; Direvisi 4 Januari 2022 ; Disetujui 4 Januari 2022
Tersedia online : 10 Februari 2022 ; Diterbitkan secara teratur : Februari 2022

Cara sitasi (Vancouver): Rachmawati V, Nurjayati R, Yuniati MD. Penurunan Konsentrasi COD Limbah Batik Pada Proses Seeding dan Aklimatisasi Menggunakan Material Preservasi Mikroorganisme (MPMO). Jurnal Kesehatan Lingkungan Indonesia [Online]. 2022 Feb;21(1):73-82. <https://doi.org/10.14710/jkli.21.1.73-82>.

ABSTRAK

Latar belakang: Batik merupakan warisan budaya Indonesia yang nilai ekspornya meningkat pesat. Dampak ini dapat meningkatkan pendapatan negara secara signifikan. Di sisi lain, memperluas kesempatan kerja bagi masyarakat untuk memproduksi batik. Namun, produksi batik yang besar meningkatkan volume limbah. Permasalahan ini dapat mencemari lingkungan jika limbah batik tidak terurai dengan baik. Oleh karena itu, kami mengusulkan metode bioremediasi untuk menguraikan polutan COD dalam limbah batik. Penelitian ini bertujuan untuk mengukur kemampuan MPMO dalam mereduksi COD pada limbah batik. Hasil penelitian terdahulu menunjukkan bakteri *Bacillus licheniformis* memiliki kemampuan mereduksi COD pada limbah tekstil. Selain itu, MPMO yang mengandung bakteri *Bacillus licheniformis* juga terbukti dapat menurunkan nilai COD pada IPAL industri gula.

Metode: Penelitian ini dilakukan dalam skala laboratorium, dan menggunakan sistem batch untuk proses seeding dan aklimatisasi pada MPMO. Pada proses seeding menggunakan nutrisi buatan untuk menumbuhkan mikroorganisme. Proses aklimatisasi menggunakan % v/v campuran limbah batik dan nutrisi buatan sebagai proses adaptasi mikroorganisme terhadap limbah. Parameter selama proses seeding dan aklimatisasi yaitu COD, pH, MLSS, dan MLVSS. Pengambilan parameter COD dilakukan setiap 0 jam pada influen dan 24 jam pada effluen reaktor.

Hasil: Nilai COD_{influen}, COD_{effluen}, Efisiensi penyisihan COD, pH_{awal}, pH_{akhir}, MLSS, dan MLVSS yang diperoleh selama proses aklimatisasi masing-masing antara 1145-3084 mg/L, 354-1268 mg/L, 54-82%, 6.43-8.25, 7.33-8.32, 790.5-2356.5 mg/L, 0.454-1.657 mg/L.

Simpulan: Penggunaan MPMO dengan bakteri *Bacillus licheniformis* dapat menyisihkan COD limbah batik pada proses aklimatisasi sebesar 82% dengan nilai rata-rata efisiensi penyisihan COD sebesar 65%.

Kata kunci: Limbah batik; MPMO; *Bacillus licheniformis*; bioremediasi

ABSTRACT

Title: Reduction of COD Concentration from Batik Waste Water Treatment in Seeding and Acclimatization Process Using Microorganism Preservation Materials (MPMO)

Background: Batik is an Indonesian cultural heritage whose export value is increasing rapidly. This impact can increase the state's income significantly. On the other hand, it expands job opportunities for people to produce batik. However, large batik production increases the volume of waste. This problem can pollute the environment if the batik waste is not decomposed properly. Therefore, we propose a bioremediation method to decipher the

pollutant COD in batik waste. This research aims to measure the ability of MPMO in reducing COD in batik waste. The results of previous studies showed that Bacillus licheniformis has the ability to reduce COD in textile waste. Moreover, MPMO containing Bacillus Licheniformis bacteria also can decrease COD in the sugar industry WWTPs.

Method: *This research was conducted on a laboratory scale with the sample pollutants from the batik production in Yogyakarta. We used a batch system for the seeding and acclimatization process in MPMO. During the seeding process, nutrients are used to grow microorganisms. The acclimatization process uses a % v/v mixture of batik waste and nutrients as a process of adapting microorganisms to waste. Parameters of the seeding and acclimatization were recorded during the process, such as COD, pH, MLSS, and MLVSS. For COD, the parameter was taken every 0 hours on the influent and 24 hours on the effluent reactor.*

Result: *The values of COD_{influent}, COD_{effluent}, COD removal efficiency, initial pH, final pH, MLSS, and MLVSS obtained during the acclimation process were respectively 1145-3084 mg / L, 354-1268 mg / L, 54-82%, 6.43- 8.25, 7.33-8.32, 790.5-2356.5 mg / L, 0.454-1.657 mg / L.*

Conclusion: *The use of MPMO with Bacillus licheniformis bacteria can remove COD from batik waste in the acclimatization process by 82% with an average COD removal efficiency of 65%.*

Keywords: *batik waste water; MPMO; Bacillus licheniformis; bioremediation*

PENDAHULUAN

Batik merupakan kekayaan bangsa Indonesia yang telah ditetapkan UNESCO (United Nations Educational, Scientific, and Cultural Organization) sebagai Warisan Budaya dari Indonesia.^{1,2} Hal tersebut mendorong peningkatan ekspor batik yang dapat menambah pendapatan negara dan meningkatkan lapangan kerja.³ Nilai Ekspor pada tahun 2011 sebesar Rp 43,96 triliun meningkat menjadi Rp 50,44 triliun di tahun 2015, selain itu terjadi peningkatan unit usaha batik sebesar 14,7% selama kurun waktu lima tahun tersebut.⁴ Selain menghasilkan dampak positif berupa peningkatan pendapatan negara, namun industri kerajinan batik juga menghasilkan limbah pewarna kimia yang berpotensi mencemari lingkungan perairan dan juga berbahaya bagi manusia.^{5,6,7} Sekitar 10.000 jenis pewarna telah digunakan pada industri tekstil.⁸ Di sektor batik, banyak pengusaha yang memperkerjakan pekerja rumahan untuk proses mencetak, menjahit, mewarnai, sampai proses pengemasan.⁹ Banyaknya industri batik dalam skala rumah tangga tersebut mengakibatkan potensi pencemaran lingkungan meningkat. Hal tersebut terjadi karena para pengrajin batik tidak memiliki instalasi pengolahan limbah sendiri sementara kapasitas unit instalasi limbah terpadu yang telah ada tidak dapat memenuhi keseluruhan volume limbah yang dihasilkan.¹⁰

Salah satu kota yang dikenal sebagai produsen batik di Indonesia dan dijadikan salah satu kota sentra pengrajin batik oleh UNESCO adalah kota Yogyakarta.^{11,12} Oleh karena itu, dalam penelitian ini digunakan limbah batik dari salah satu lokasi penghasil batik yang berada di Umbulharjo, Yogyakarta. Industri Kecil Menengah (IKM) selain memberikan dampak positif namun juga memberikan dampak negatif khususnya bagi pencemaran lingkungan.¹³ Limbah industri batik yang dibuang tanpa melalui pengolahan mencemari badan air dan sumur penduduk yang menjadi sumber air minum.¹⁵ Sedangkan limbah batik yang tergolong limbah

pewarna mengandung berbagai bahan kimia berbahaya yang bersifat membahayakan bagi kehidupan manusia dan hewan, terutama pemanfaatan sumber air oleh manusia untuk aktivitas keseharian seperti mandi, memasak, minum dan mencuci.^{16,14}

Limbah tekstil termasuk limbah yang mengandung banyak polutan seperti Biological Oxygen Demand (BOD), bahan kimia berbahaya, warna, Total Dissolved Solid (TDS), dan Total Suspended Solid (TSS).^{17, 18} Berbagai metode telah diaplikasikan untuk pengolahan limbah pewarnaan yaitu dengan metode fisik-kimia seperti pengendapan menggunakan bahan kimia, ultrafiltrasi, adsorpsi menggunakan karbon, koagulasi-flokulasi, elektrokimia, dan oksidasi menggunakan ozon.^{19, 7} Namun, banyak dari metode-metode yang telah digunakan tidak efektif, menghasilkan by-products yang berbahaya, tidak dapat diaplikasikan dalam skala besar, atau membutuhkan biaya besar jika diaplikasikan untuk skala besar dan menghasilkan banyak lumpur.^{20, 14}

Bioremediasi merupakan suatu proses pengolahan dengan memanfaatkan kemampuan mikroorganisme sehingga mampu menyisihkan polutan di lingkungan dengan menjadikan polutan organik sebagai sumber energi dan mendegradasinya menjadi bentuk yang bersifat tidak beracun.^{21, 22} Pada penelitian sebelumnya, diketahui Material Preservasi Mikroorganisme (MPMO) adalah suatu sistem penyimpanan bakteri pengurai limbah cair organik berbentuk tablet dan memiliki kemampuan bertahan dalam jangka waktu (1-5) tahun.²³ Selain itu MPMO yang diaplikasikan pada unit pengolahan biologis IPAL industri gula terbukti memiliki kemampuan dalam mereduksi kandungan polutan organik dalam limbah tersebut dengan parameter COD.²⁴

Mikroorganisme yang dikembangkan dan diimpregnasikan pada bentonit dalam bentuk MPMO adalah bakteri aerobik, yaitu *Bacillus licheniformis*. Bakteri *Bacillus licheniformis* dapat bertahan hidup dilingkungan yang keras dengan merubah bentuk

menjadi spora dan dapat kembali dalam keadaan vegetatif dengan kondisi lingkungan yang sesuai.²⁵ Selain itu, bakteri *Licheniformis* hasil isolasi dari tanah tercemar limbah tekstil memiliki kemampuan dalam meremoval COD, BOD5 TSS, dan TDS dengan hasil efisiensi penyisihan tertinggi pada parameter COD.²² Penelitian ini bertujuan mengevaluasi penggunaan MPMO dengan *Bacillus licheniformis* dalam proses pengolahan limbah cair batik berdasarkan indikator penyisihan parameter COD.

MATERI DAN METODE

Lokasi penelitian terletak di Laboratorium Kualitas Air Pusat Penelitian Geoteknologi LIPI Bandung menggunakan limbah batik yang dihasilkan oleh pengrajin batik di kawasan Yogyakarta. Kegiatan penelitian laboratorium dilakukan selama bulan (Maret – Mei 2020). Metode yang dilakukan bersifat eksperimental berupa uji laboratorium menggunakan reaktor mini IPAL. Beberapa parameter yang telah dianalisa seperti pH, COD, MLSS, dan MLVSS memiliki hubungan dengan masing-masing parameter. Kondisi satu parameter dapat berpengaruh terhadap parameter lainnya. Jumlah data yang digunakan berjumlah 19 data untuk masing-masing parameter yang diperoleh dari 4 data tahap seeding dan 15 data tahap aklimatisasi. Namun untuk beberapa parameter seperti MLSS, dan MLVSS menggunakan 9 data pada tahap aklimatisasi pada variasi Janis limbah 100% limbah batik. Digunakan Interpolasi polynomial orde 2 untuk mengetahui kecenderungan dari nilai setiap parameter selama proses seeding dan aklimatisasi. Penelitian dilakukan menggunakan dua tahapan yaitu proses seeding dan aklimatisasi.

Proses pembenihan (*seeding*) merupakan tahap awal dari proses pengolahan secara biologis. Proses seeding dilakukan untuk menumbuhkan dan membentuk substrat populasi mikroorganisme dalam bioreaktor.²⁶ Komposisi nutrient yang digunakan terdiri dari tapioka (1,6 gr/L), ammonium sulfat (1,5 gr/L), kalium di-hidro fosfat (1 gr/L), calcium chloride (1 gr/L), magnesium chloride (0,5 gr/L), iron (II) chloride (0,05 gr/L), dan nutrient broth (0,5 gr/L). Konsentrasi tapioka yang digunakan disesuaikan dengan konsentrasi COD yang terkandung dalam limbah batik yang akan digunakan pada proses aklimatisasi. Pada proses seeding ini, volume nutrient dibuat sebanyak 8 L, sehingga dibutuhkan tapioka (12,8 gr), ammonium sulfat (12 gr), kalium di-hidro fosfat (8 gr), calcium chloride (8 gr), magnesium chloride (4 gr), iron (II) chloride (0,4 gr), dan nutrient broth (4 gr). Selama proses seeding dilakukan pengontrolan pH agar tetap dalam kondisi netral (pH =7). Pengontrolan pH dilakukan dengan penambahan HCL untuk menurunkan pH atau NaOH untuk menaikkan pH. Pembuatan nutrient disesuaikan dengan konsentrasi limbah batik yang akan digunakan pada proses aklimatisasi yaitu 1145 mg/L.

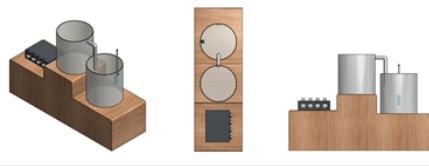
Proses aklimatisasi dilakukan agar mikroorganisme beradaptasi dengan lingkungan baru, termasuk jenis sumber makanan mikroorganisme.²⁶ Proses tersebut merupakan salah satu tahapan adaptasi mikroorganisme terhadap komponen yang bersifat toksik yang terkandung dalam limbah batik sekaligus meningkatkan jumlah populasinya.²⁷ Proses aklimatisasi *Bacillus Licheniformis* dan konsorsium mikroorganisme pada limbah batik dilakukan dengan pemberian limbah cair batik ke dalam nutrient secara kontinyu. Variasi pemberian limbah batik menggunakan perbandingan volume antara volume nutrient dengan volume limbah cair batik. Konsentrasi nutrient disesuaikan dengan konsentrasi COD pada limbah batik yang akan digunakan untuk proses aklimatisasi. Variasi perbandingan volume (nutrien: limbah batik) yang digunakan diantaranya 75%:25% (data ke-1), 50%:50% (data ke – 2), 25%:75% (data ke – 3), dan 100% limbah batik (data ke – 4 sampai dengan data ke- 15). Pembuatan variasi 75%, 50%, dan 25% nutrient buatan dengan volume 6 L, 4 L, dan 2 L dibutuhkan tapioka (9,6 gr; 6,4 gr; 3,2 gr), ammonium sulfat (9 gr; 6 gr; 3 gr), kalium di-hidro fosfat (6 gr; 4 gr; 2 gr), calcium chloride (6 gr; 4 gr; 2 gr), magnesium chloride (3 gr; 2 gr; 1 gr), iron (II) chloride (0,3 gr; 0,2 gr; 0,1 gr), nutrient broth (3 gr; 2 gr; 1 gr). Pada 0 jam dan 24 jam dilakukan pengambilan sampel untuk mengetahui konsentrasi dari parameter COD. Sedangkan pada variasi 100% limbah batik juga dilakukan pengambilan sampel untuk parameter MLSS dan MLVSS.

Penelitian ini menggunakan reaktor batch aerobik, berbahan dasar akrilik dan berbentuk silinder dengan volume 8 L (Gambar 1). Pada proses aklimatisasi digunakan limbah cair dari proses pembuatan batik di kota Yogyakarta. Proses aklimatisasi dilakukan pada suhu ruangan ($T = 20 - 25 \text{ }^{\circ}\text{C}$) dan menggunakan aerasi/air diffuser berupa *fine bubble aeration*. Selama aklimatisasi dilakukan pengontrolan pH agar pH tetap dalam kondisi netral (pH =7). Pengontrolan pH dilakukan dengan menambahkan HCl jika pH diatas 7 dan penambahan NaOH apabila pH dibawah 7. Hal tersebut dilakukan karena aktivitas enzim mikroba umumnya bekerja optimal pada rentang pH 6-8.

Limbah batik yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari intake IPAL yang menampung limbah hasil proses pembuatan batik di Kota Yogyakarta. Karakterisasi terhadap limbah batik dilakukan sebelum dan sesudah dilakukan *treatment*. Parameter yang diamati pada studi ini yaitu pH, COD, MLSS, dan MLVSS. Keseluruhan parameter yang dianalisis menggunakan teknik standar pada Standard Methods untuk *Examination of Water and Wastewater*.²⁸

Penentuan nilai efisiensi penyisihan COD diperoleh dengan menggunakan konsentrasi COD pada influen dan efluen. Perhitungan nilai efisiensi penyisihan menggunakan rumus sebagai berikut²⁹:

$$\text{Efisiensi Penyisihan (\%)} = \left(\frac{\text{influent COD} - \text{effluent COD}}{\text{influent COD}} \right) \times 100$$



Gambar 1. Ilustrasi Reaktor Aerobik yang Digunakan Pada Proses Seeding dan Aklimatisasi

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tujuan akhir dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui efisiensi penyisihan COD dalam limbah batik oleh bakteri *Bacillus licheniformis* dalam bentuk MPMO dan kondisi setiap parameter yang

mempengaruhi efisiensi penyisihan COD tersebut selama proses seeding dan aklimatisasi. Data-data beberapa parameter yang diperoleh selama proses seeding dan aklimatisasi ditampilkan pada Tabel 1.

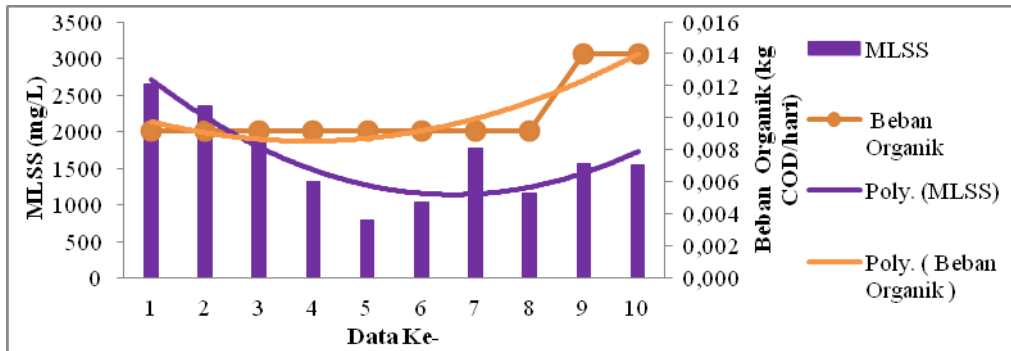
Tabel 1. Data Parameter selama proses Seeding dan Aklimatisasi

No	Jenis Limbah (%V/V)	COD Influen (mg/L)	COD Efluen (mg/L)	Beban Organik (kg COD/hari)	Efisiensi Penyisihan COD (%)	pH Awal	pH Akhir	MLSS (mg/L)	MLVSS (mg/L)
Proses Seeding									
1	100% Nutrien Buatan	663	395	0.005	40	4.09	6.21	—	—
2	100% Nutrien Buatan	2054	1912	0.016	7	6.37	6.54	—	—
3	100% Nutrien Buatan	2563	1607	0.021	37	6.31	6.74	—	—
4	100% Nutrien Buatan	2287	1524	0.018	33	6.51	7.06	—	—
Proses Aklimatisasi									
5	75% Nutrien Buatan, 25% Limbah Batik	1611	648	0.013	60	6.43	7.43	—	—
6	50% Limbah Batik, 50% Nutrien Buatan	3084	556	0.025	82	7.05	7.33	—	—
7	75% Limbah Batik, 25% Nutrien Buatan	3045	1268	0.024	58	7.26	7.99	—	—
8	100% Limbah Batik	2434	937	0.019	61	7.91	7.63	—	—
9	100% Limbah Batik	1145	532	0.009	54	7.23	8.11	2656	1.657
10	100% Limbah Batik	1145	462	0.009	60	8.2	8.3	2356.5	1.461
11	100% Limbah Batik	1145	389	0.009	66	8.12	8.2	—	—
12	100% Limbah Batik	1145	495	0.009	57	7.73	8.25	1986	1.2325
13	100% Limbah Batik	1145	446	0.009	61	8.25	8.11	1308	0.779
14	100% Limbah Batik	1145	461	0.009	60	8.12	8.16	790.5	0.454
15	100% Limbah Batik	1145	371	0.009	68	8.25	8.26	1030.5	0.601
16	100% Limbah Batik	1145	461	0.009	60	7.98	7.91	1777.5	1.1085
17	100% Limbah Batik	1145	408	0.009	64	7.68	8.09	1152.5	0.7015
18	100% Limbah Batik	1748	354	0.014	80	8.12	8.3	1555.5	0.963
19	100% Limbah Batik	1748	366	0.014	79	8.22	8.32	1544	0.9515

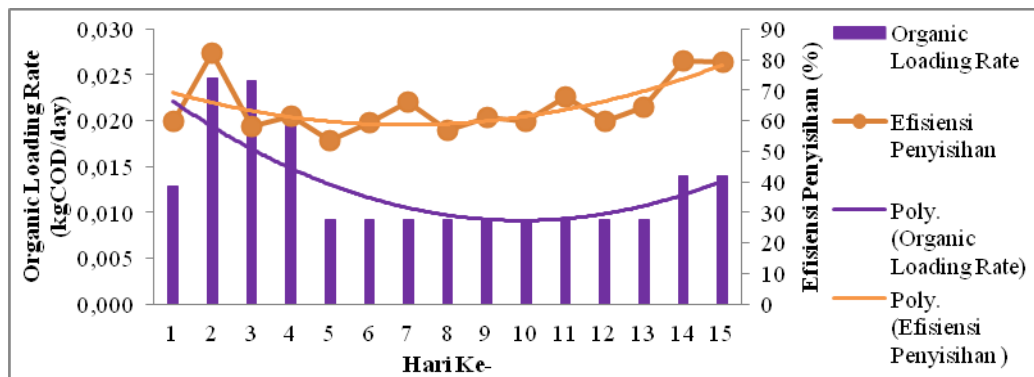
Ket : Sumber data diolah dari hasil uji Laboratorium Kualitas Air Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan ITB, Laboratorium Kimia Puslit Geoteknologi

A. Nilai Efisiensi Penyisihan COD, Beban organik (*Organic Loading Rate*), MLSS, dan pH Mixed Liquor Suspended Solid (MLSS) merupakan konsentrasi suspended solids dalam mixed liquor yang merupakan pecampuran antara raw atau *settled wastewater* dan activated sludge.³⁰ MLSS juga mewakili jumlah total microbial biomass.³¹ Nilai MLSS pada tahap aklimatisasi dengan variasi perbandingan volume 100% limbah batik menunjukkan kecenderungan penurunan namun

kembali meningkat di akhir tahap aklimatisasi. Pada Gambar 2 menunjukkan kenaikan nilai MLSS di akhir tahap aklimatisasi sejalan dengan kenaikan beban organik. Kenaikan beban organik dari 0,009 kg COD/hari hingga 0,014 kg/hari mengakibatkan peningkatan MLSS dari 790,5 mg/L hingga 1555,5 mg/L. Nilai MLSS tertinggi pada tahap aklimatisasi sebesar 2.656 mg/L, konsentrasi terendah 790,5 mg/L, dan rata-ratanya sebesar 1.616 mg/L.



Gambar 2. Beban Organik (Organic Loading Rate) dan MLSS pada Proses Aklimatisasi Variasi Limbah 100%



Gambar 3. Organic Loading Rate dan Efisiensi Penyisihan pada pada Proses Aklimatisasi

Peningkatan konsentrasi beban organik yang disertai peningkatan konsentrasi MLSS sesuai dengan hasil penelitian yang menyatakan bahwa MLSS yang menyatakan tingkat pemanfaatan substrat meningkat ketika terjadi peningkatan beban organik³². Nilai MLSS yang memadai untuk proses pengolahan air limbah dengan proses lumpur aktif yaitu berkisar antara 2.000 – 3.500 mg/L.³³ Sehingga berdasarkan nilai rata-rata tersebut dapat disimpulkan bahwa nilai MLSS belum memadai untuk pengolahan air limbah namun berdasarkan konsentrasi COD efluen selama proses seeding dan aklimatisasi menunjukkan adanya efisiensi penyisihan yang cukup signifikan. Nilai efisiensi penyisihan COD selama proses seeding yaitu 7% - 40%, sedangkan pada proses aklimatisasi yaitu 54% - 82%.

Selain dengan nilai MLSS, pada Gambar 3 menggambarkan kecenderungan peningkatan organic loading rate (OLR) berupa COD selama proses aklimatisasi yang juga diikuti dengan peningkatan efisiensi penyisihan COD. Peningkatan tersebut digambarkan dengan Interpolasi polynomial orde 2. Peningkatan efisiensi penyisihan COD tertinggi yaitu dari 60% menjadi 82% dengan peningkatan OLR sebesar 0,013 kg COD/day menjadi 0,025 kg COD/day. Kecenderungan peningkatan OLR yang diikuti dengan peningkatan Efisiensi Penyisihan terjadi pada pertengahan sampai dengan akhir proses aklimatisasi. Namun pada awal proses aklimatisasi dengan adanya peningkatan OLR selama 2 hari

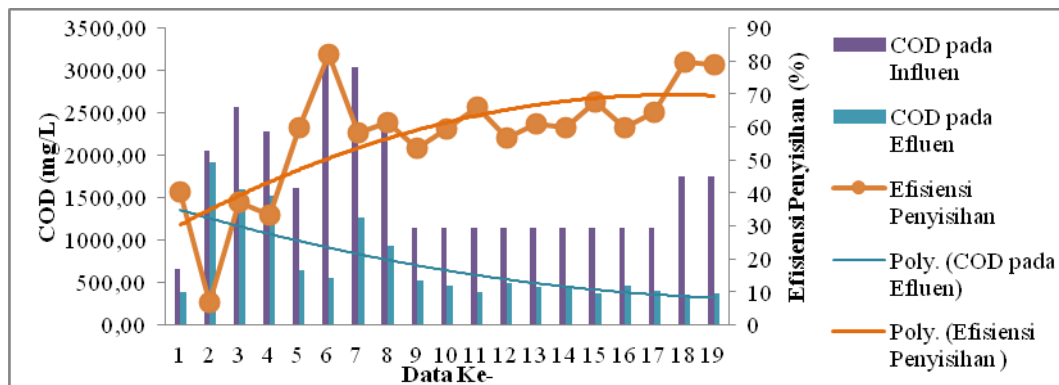
berturut-turut maka terjadi penurunan nilai Efisiensi Penyisihan dari 82% menjadi 58%.

Peningkatan konsentrasi OLR dapat pula meningkatkan Efisiensi Penyisihan COD.³² Selain itu penurunan Efisiensi Penyisihan yang terjadi dapat diakibatkan karena tingginya OLR dapat menurunkan konsentrasi biomass dan meningkatkan akumulasi konsentrasi zat anorganik dalam reaktor sehingga mengakibatkan ketidakstabilan proses dalam reaktor. Hal tersebut sesuai dengan hasil penelitian yang menyebutkan bahwa tingginya OLR dapat menurunkan konsentrasi biomass dan meningkatkan akumulasi konsentrasi zat anorganik dalam reaktor sehingga dapat mengakibatkan ketidakstabilan proses dalam reaktor.³⁴ Selain itu pada hasil penelitian lain juga menyebutkan bahwa peningkatan OLR dapat mengakibatkan terjadinya penurunan Efisiensi Penyisihan COD.³² Berdasarkan hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa pada konsentrasi tertentu peningkatan OLR dapat meningkatkan efisiensi penyisihan COD namun hal sebaliknya dapat terjadi apabila dengan peningkatan OLR terjadi akumulasi zat anorganik dalam reaktor sehingga mengganggu kestabilan proses biologis didalamnya.

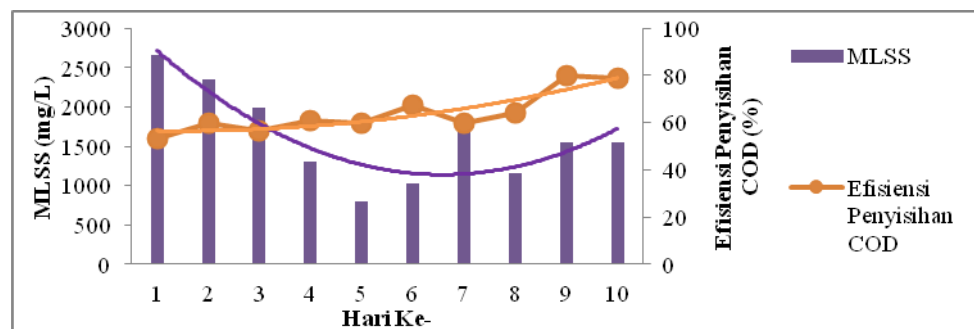
Pada Gambar 4 menunjukkan hasil proses seeding dan aklimatisasi yang dilakukan selama 19 hari menunjukkan hasil yang signifikan dalam mendegradasi COD. Efisiensi Penyisihan paling optimal terjadi pada hari kedua proses aklimatisasi dengan efisiensi penyisihan mencapai 82%. Nilai efisiensi penyisihan berdasarkan grafik menunjukkan

kecenderungan peningkatan. Kecenderungan peningkatan nilai efisiensi penyisihan disertai dengan kecenderungan penurunan konsentrasi COD pada

efluen. Konsentrasi COD terkecil pada efluen terjadi pada proses aklimatisasi yaitu data ke 18 dengan konsentrasi sebesar 354 mg/L.



Gambar 4. Konsentrasi COD Influen dan Efluen Selama Proses Seeding dan Aklimatisasi



Gambar 5. MLSS dan Efisiensi Penyisihan COD dengan Variasi Volume Limbah Batik 100%

Di dalam air limbah terdapat jenis zat organik yang tahan terhadap oksidasi secara biologis, akan tetapi dapat diuraikan dengan pereaksi yang bersifat oksidator kuat dalam suasana asam seperti kalium dikromat atau permanganat.³⁵ Nilai COD dapat menunjukkan kandungan organik di dalam air yang mudah maupun yang tidak mudah diuraikan secara biologis (*non-biodegradable*) dan hasil penelitian menyebutkan bahwa pengolahan secara aerob juga dibutuhkan untuk menghilangkan senyawa toksik yang terbentuk pada proses anaerob (amina aromatik) menjadi metabolit non toksik.³⁶ Efisiensi penyisihan optimum yang terjadi pada hari ke dua tahap aklimatisasi dapat disebabkan oleh aktifitas bakteri yang selama ini dalam kondisi “tidur” dalam material preservasi dibangun dan beradaptasi dengan lingkungan barunya. Kendati dari grafik terlihat Efisiensi Penyisihan mengalami penurunan setelah hari ke dua namun cenderung stabil pada hari-hari berikutnya dan mengalami peningkatan yang signifikan di akhir proses aklimatisasi yang nilai Efisiensi Penyisihannya mencapai 80%. Oleh karena itu secara keseluruhan dapat terlihat bahwa efektifitas proses degradasi nilai COD menggunakan mikroorganisme dalam kondisi aerob cukup baik. Penurunan konsentrasi COD disebabkan terjadinya

proses degradasi bahan organik yang dibutuhkan sebagai nutrisi atau makanan bagi bakteri.³⁷ Dekomposisi bahan organik pada dasarnya melalui dua tahap yaitu bahan organik diuraikan menjadi bahan anorganik. Bahan anorganik yang tidak stabil mengalami oksidasi menjadi bahan anorganik yang stabil, misalnya ammonia mengalami oksidasi menjadi nitrit dan nitrat.³⁸

Pada proses pengolahan limbah batik menggunakan MPMO secara kontinu konsentrasi MLSS mengalami penurunan sampai dengan hari kelima namun kembali mengalami kenaikan di hari keenam meskipun tidak terjadi peningkatan konsentrasi yang signifikan. Penurunan konsentrasi MLSS terbesar pada hari kelima 39,6% dibandingkan dengan konsentrasi MLSS pada hari keempat. Konsentrasi MLSS pada hari keempat sebesar 1308 mg/L, sedangkan pada hari kelima sebesar 790,5 mg/L. Selain itu nilai MLSS yang mewakili konsentrasi biomass mengalami kenaikan perlahan diakhir tahap aklimatisasi. Kondisi tersebut juga diikuti dengan kenaikan nilai Efisiensi Penyisihan parameter COD. Nilai MLSS tertinggi selama proses aklimatisasi terjadi pada data ke delapan belas sebesar 1555,5 mg/L menghasilkan nilai efisiensi penyisihan COD terbesar ke dua yaitu sebesar 80%.

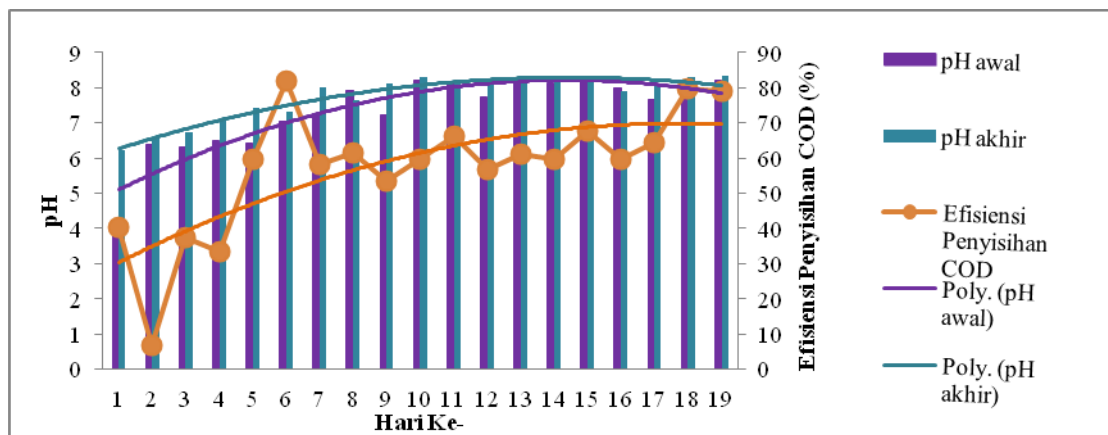
Penurunan nilai MLSS yang terjadi pada tahap aklimatisasi dapat dikarenakan adanya proses penguraian mikroorganisme dalam lumpur yang terjadi selama tahap aklimatisasi.³⁹ Terjadinya peningkatan konsentrasi MLSS pada akhir tahap aklimatisasi dan disertai peningkatan nilai efisiensi penyisihan. Hal tersebut dikarenakan bahwa peningkatan konsentrasi biomassa dapat meningkatkan efisiensi penyisihan COD.^{40; 41}

Pada Gambar 6 terlihat fluktuasi nilai pH pada limbah batik dimana pada proses seeding dan aklimatisasi terlihat proses adaptasi mikroorganisme terhadap limbah mempengaruhi nilai pH sehingga naik dan turunnya nilai pH belum stabil. Kestabilan nilai pH mulai terlihat pada hari ke 17 adapun pH yang ada tidak mengalami perubahan secara signifikan. Pengukuran nilai pH awal limbah sintetis berupa nutrisi murni maupun kombinasi nutrisi dengan limbah batik menunjukkan kondisi yang cenderung asam. Namun terjadi peningkatan nilai pH menjadi cenderung basa setelah waktu tinggal selama 24 jam dalam reaktor selama proses seeding dan aklimatisasi.

Kestabilan nilai pH yang terjadi diduga karena sedikitnya zat-zat organik yang diuraikan oleh mikroorganisme. Sesuai dengan pernyataan hasil penelitian yang menyebutkan semakin sedikit zat-zat

organik diuraikan oleh mikroorganisme maka pH yang dihasilkan semakin basa dan jika semakin banyak zat-zat organik yang diuraikan maka semakin asam pH yang dihasilkan.⁴² Jadi sedikitnya zat-zat organik yang diuraikan pada bak aerasi maka menyebabkan terjadinya peningkatan nilai pH. Dilihat dari penurunan kadar COD didapatkan peningkatan nilai pH antara sebelum dan sesudah pengolahan.

Salah satu kemungkinan penyebab meningkatnya nilai pH dikarenakan keberadaan senyawa organik khususnya senyawa yang mengandung gugus amina dalam limbah sintetis. Senyawa tersebut terurai menjadi ammonia sehingga menyebabkan peningkatan pH. Peningkatan pH menjadi basa dapat dipengaruhi oleh proses degradasi senyawa yang mengandung gugus amina seperti protein dan asam amino.⁴³ Selain itu kondisi awal limbah batik yang digunakan dalam proses aklimatisasi yang cenderung bersifat basa dapat menjadi salah satu penyebab peningkatan nilai pH selama proses aklimatisasi dibandingkan dengan nilai pH pada proses seeding. Hal tersebut sesuai dengan dua hasil penelitian yang menyebutkan bahwa limbah batik pada umumnya bersifat basa dan mengandung polutan organik yang tinggi hasil dari proses pembatikan.^{44,45}



Gambar 6. Nilai pH dan Efisiensi Penyisihan COD pada Proses Seeding dan Aklimatisasi

Peningkatan nilai pH disertai dengan peningkatan nilai Efisiensi Penyisihan COD. Hal tersebut menunjukkan bahwa proses degradasi COD dapat berlangsung dengan baik. Hasil penelitian lain juga menyebutkan bahwa peningkatan pH juga disertai dengan peningkatan Efisiensi Penyisihan COD, hal tersebut dikarenakan pH tinggi dapat memperbanyak bagian sel aktif yang mampu meningkatkan proses pengikatan and bioflokulasi.⁴⁶

SIMPULAN

Pengolahan limbah batik menggunakan MPMO dengan bakteri *Bacillus licheniformis* pada proses aklimatisasi terbukti dapat menurunkan konsentrasi

COD yang terkandung dalam limbah. Tinggi rendahnya nilai efisiensi penyisihan COD pada proses aklimatisasi dipengaruhi oleh nilai pH, dimana peningkatan nilai pH disertai dengan peningkatan nilai efisiensi penyisihan COD. Selain itu peningkatan nilai MLSS dan *Organic Loading Rate* (OLR) juga disertai dengan meningkatnya nilai efisiensi penyisihan COD, namun pada awal proses aklimatisasi dengan adanya peningkatan OLR dari 0,013 kgCOD/day menjadi 0,024 – 0,025 kg COD/day menyebabkan penurunan nilai efisiensi penyisihan COD. Nilai tersebut belum memenuhi baku mutu air limbah untuk kegiatan Industri Batik berdasarkan Perda DIY No 7 Tahun 2016 tentang

baku mutu air limbah, oleh karena itu dibutuhkan pengolahan lebih lanjut dengan sistem kontinyu.

DAFTAR PUSTAKA

1. Kusumawati N, Wijastuti A, Rahmadyanti EN, Kusumawati A, Wijastuti ER. Operating Conditions Optimization on Indonesian Batik : Dyes Wastewater Treatment by Fenton Oxidation and Separation Using Ultrafiltration Membrane. *Journal of Environmental Science & Engineering*. May2012; Vol. 1 Issue 5A, p672.
2. Sutisnaa EW, Mamat R, Dui YR, Riri M, Khairurrijala, and Mikrajuddin A. Batik Wastewater Treatment Using TiO₂ Nanoparticles Coated on the Surface of Plastic Sheet. *Procedia Engineering*. 2017; 170, 78 – 83. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.03.015>
3. Handayani W, Arianti IRH, A Ign K. Penetapan Skala Industri Batik Rumahan Menurut Kriteria Lokal : Studi di Desa Jarum, Kabupaten Klaten. 2017. Manajemen IKM. <https://doi.org/10.29244/mikm.12.1.25-34>
4. Rahayu DP. Peta Politik Industri Batik Yogyakarta dan Dampaknya dalam Sistem Perburuhan Batik di Yogyakarta. *Jurnal Kajian Ruang Sosial-Budaya*. 2019; Vol. 3, No. 1 Hal.30-45.
5. Kitture R, Soumya JK, Ruchika KG, S.N. Kale RK, S.J. Koppikar, R. Kaul G, S.N. Kale. Catalyst efficiency, photostability and reusability study of ZnO nanoparticles in visible light for dye degradation. *J. Phys. Chem. Solids*. 2011; 72 60–66. <https://doi.org/10.1016/j.jpss.2010.10.090>
6. Sonta MA, Gunawan, Antari AA. Strategi Adaptasi Ekologi Masyarakat Dalam Menghadapi Pencemaran Limbah Produksi Batik (Studi Etnoekologi di Daerah Aliran Sungai Setu, Kelurahan Jenggot, Kecamatan Pekalongan Selatan, Kota Pekalongan). *Solidarity*. 2017; 6 (2).
7. Mukimin A, Hanny V, Nur Z, Agus P, Kukuh AW. Performance of Bioequalization-Electrocatalytic Integrated Method for Pollutants Removal of Hand-drawn Batik Wastewater. *Journal of Water Process Engineering*. 2018; 21, 77–83. <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2017.12.004>
8. Christiany A, Suprihatin, Indrasti NS. Potensi teknis-ekonomis daur ulang efluen air limbah industri tekstil menggunakan aplikasi arang aktif. *JPSL*. 2019; 9(2): 229-240. <https://doi.org/10.29244/jpsl.9.2.229-240>
9. International Labour Office. Penelitian tentang Praktik Pengusaha dalam Mempekerjakan Pekerja Rumahan di Provinsi Jawa Barat dan Jawa Tengah. ILO-Apindo Intercafe, Jakarta. 2015.
10. Sari DP, Sri H, Dyah IR, Tri SW. Pengukuran Tingkat Eko-efisiensi Menggunakan Life Cycle Assessment untuk Menciptakan Sustainable Production di Industri Kecil Menengah Batik. *Jurnal Teknik Industri*. 2012; Vol. 14, No. 2. <https://doi.org/10.9744/jti.14.2.137-144>
11. Sardjono A, Brian AP, Desrezka GL. Pelaksanaan Perlindungan Hukum Merek untuk Pengusaha UKM Batik di Pekalongan, Solo dan Yogyakarta. *Jurnal Hukum dan Pembangunan*. Oktober-Desember 2013; Tahun ke-43 No.4. <https://doi.org/10.21143/jhp.vol44.no4.32>
12. Kemenperin. Karya Indonesia Batik Nusantara. 2013.
13. Sulaksono A, Hefni E, Budi K. Kajian Beban Pencemaran Limbah Cair Industri Kecil Menengah (IKM) Batik Klaster Trusmi Kabupaten Cirebon. *Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan*. Juli 2015; Vol 5 No. 1: 17-24. <https://doi.org/10.19081/jpsl.2015.5.2.17>
14. Katheresan V, Jibrail K, Sie YL. Efficiency of various recent wastewater dye removal methods: A review. *Journal of Environmental Chemical Engineering*. 2018; 6: 4676–4697. <https://doi.org/10.1016/j.jece.2018.06.060>
15. Maria R., Nyoman S, Dadan S, Dyah M. Pengaruh Limbah Cair Industri Batik Terhadap Kualitas Air Tanah Dangkal di Daerah Laweyan Surakarta. *Prosiding Pemaparan Hasil Penelitian Pusat Geoteknologi LIPI*. 2014; ISBN: 978-979-8636-23-3.
16. Zongping W, Kai H, Miaomiao X, Zizheng L. *Textile Dyeing Wastewater Treatment*. INTECH Open Access Publisher, Rijeka. 2011.
17. Liu L, Juan Z, Yi T, Yucheng J, Mancheng H, Shuni L, Quanguo Z. Rapid decolorization of anthraquinone and triphenylmethane dye using chloroperoxidase: Catalytic mechanism, analysis of products and degradation route. *Chemical Engineering Journal*. May 2014; 244(15):9-18. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2014.01.063>
18. Ganiyu SA, Oluwole OA, Saheed AL, Kazeem OS, Idris AB, Muhammad Q, Khalid A. Boron-doped activated carbon as efficient and selective adsorbent for ultra-deep desulfurization of 4,6-dimethyldibenzothiophene. *Chemical Engineering Journal Volume*. 1 August 2017; 321: 651. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2017.03.132>
19. V.K. Gupta, Suhas. Application of low-cost adsorbents for dye removal—a review. *J. Environ. Manage*. 2009;90 (8): 2313–42. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2008.11.017>
20. Wan FK, Li NH, Soon AO, Yee SW, Nik AY, Fahmi R. Decolorization and Mineralization of Batik Wastewater through Solar Photocatalytic Process. *Sains Malaysiana*. 2015; 44(4): 607–12. <https://doi.org/10.17576/jsm-2015-4404-16>
21. Endeshaw A, Birhanu G, Zerihun T, Misganaw W. Application of microorganisms in bioremediation-review *J. Environ. Microb*. 2017; 1(1): 2-9.

22. Ajao AT, Sulugambari BZ, Awe S. Bioremediation of wastewaters from local textile industries in Ilorin, Nigeria. *Sciences*, Kwara State University, Malete, Nigeria.
23. Sembiring H, Sumarnadi ET, Effendi, Gurharyanto. Pelletisasi Bentonit Sebagai Preservasi Bakteri Pengurai Limbah Organik Cair : Rekayasa dan Prototip, Prosiding Pemaparan Hasil Penelitian Pusat Penelitian Geoteknologi LIPI. 2012; ISBN 978-979-8636-19-6, Bandung.
24. Agustinus ETS, Happy S, Effendi. Aplikasi Material Preservasi Mikroorganisme (MPMO) dalam Pemrosesan Limbah Cair Organik Pada Instalasi Pengolahan Air Limbah. *Riset Geologi Pertambangan*. Juni 2014; 24(1):65-76. <https://doi.org/10.14203/risetgeotam2014.v24.82>
25. Veith B, Herzberg, Steckel S, Feesche J, Maurer KH, Ehrenreich P, Baumer S, Henne A, Liesegang H, Merkl R, Ehrenreich A, Gottschalk G. The complete genome sequence of *Bacillus licheniformis* DSM13, an organism with great industrial potential. *J Mol. Microbiol. Biotechnol*. 2004;7(4):204-211. <https://doi.org/10.1159/000079829>
26. Kahar A, Eko H, Lukman M, Budi, Nining W, Ika, Mey C. The Study of Seeding and Acclimatization from Leachate Treatment in Anaerobic Bioreactor. *ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences*. April 2017;12(8).
27. Hubbe MA, JR Metts, D Hermosilla, MA Blanco, L Yerushalmi, F Haghghat, P Lindholm L, Z. Khodaparast, M Kamali, A Elliott. Wastewater treatment and reclamation: a review of pulp and paper industry practices and opportunities. *BioResources*. 2016;11. <https://doi.org/10.15376/biores.11.3.Hubbe>
28. APHA. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, American Public Health Association, 21st ed. Washington, DC. 2005.
29. N. Seetha, Renu B, Pramod K. Effect of organic shock loads on a two-stage activated sludge-biofilm reactor. *Bioresource Technology*. 2010; 101: 3060–66. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2009.12.055>
30. Wateronline. 2020. <https://www.wateronline.com/doc/mixed-liquor-suspended-solids-in-wastewater-0002>, Accessed 18.08.20.
31. Cláudia FG, Sandra S, João GC, Galinha CF, Sanches S, Crespo JG. Membrane bioreactors. *Fundamental Modelling of Membrane Systems*. 2018: 209–49. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-813483-2.00006-X>
32. Kanimozhi R, Vasudevan N. Effect of organic loading rate on the performance of aerobic SBR treating anaerobically digested distillery wastewater. *Clean Technologies and Environmental Policy*. 2013;16(3):467–76. doi:10.1007/s10098-013-0639-x
33. Suryadiputra INN. Pengolahan Air Limbah dengan Metoda Biologi. *Strengthening Program : Rancang Bangun IPAL*. Bandung. 1994.
34. Chelliapan S, Wilby T, Yuzir A, Sallis PJ. Influence of organic loading on the performance and microbial community structure of an anaerobic stage reactor treating pharmaceutical wastewater. *Desalination*. 2011; 271:257–64. <https://doi.org/10.1016/j.desal.2010.12.045>
35. Eskani, Istianah N, Carlo, Evone dan Sulaeman. Efektivitas Pengolahan Air Limbah Batik dengan Cara Kimia dan Biologi. 2005.
36. Balapure, Kshama & Jain, Kunal & Bhatt, Nikhil & Madamwar, Datta. Exploring bioremediation strategies to enhance the mineralization of textile industrial wastewater through sequential anaerobic-microaerophilic process. *International Biodeterioration & Biodegradation*. 2016;106: 97-105. 10.1016/j.ibiod.2015.10.008. <https://doi.org/10.1016/j.ibiod.2015.10.008>
37. Indriyati. Proses Pembenuhan (Seeding) dan Aklimatisasi pada Reaktor Tipe Fixed Bed, *J. Tek.Ling.P3TL-BPPT*. 2003;2:54-60.
38. Effendi H. Telaah Kualitas Air : Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan. Penerbit : Kanisius. Yogyakarta. 2003.
39. Bornare J, Kalyanraman V, Sonde RR. Application of Anaerobic Membrane Bioreactor (AnMBR) for Low-Strength Wastewater Treatment and Energy Generation. *Industrial Wastewater Treatment, Recycling and Reuse*. 2014: 399–434. doi:10.1016/b978-0-08-099968-5.00010-6
40. Kim M, Guerra P, Theocharides M, Barclay K, Smyth SA, Alae M. Parameters affecting the occurrence and removal of polybrominated diphenyl ethers in twenty Canadian wastewater treatment plants. *Water Research*. 2013;47(7): 2213. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2013.01.031>
41. Dong W, Min J, Can W. Degradation of Organic Pollutans and Characteristics of Activated Sludge in an Anaerobic/Anoxic/Oxic Reactor Treating Chemical Industrial Wastewater. *Brazilian Journal of Chemical Engineering*. 2014;31(03):703 – 13. <https://doi.org/10.1590/0104-6632.20140313s00002748>
42. Sastrawijaya AT. Pencemaran Lingkungan. Rineka Cipta, Jakarta. 2000.
43. Nilesh S, Anil G. Isolation, characterization and identification of extracellular enzyme producer *Bacillus licheniformis* from municipal wastewater and evaluation of their biodegradability. *Biotechnology Research and Innovation*. 2018; 2: 37-44. <https://doi.org/10.1016/j.biori.2018.03.001>

44. Indrayani L, Nur R. Nilai Parameter Kadar Pencemar sebagai Penentu Tingkat Efektivitas Tahapan Pengolahan Limbah Cair Industri Batik. *Jurnal Rekayasa Proses Research article*. 2018;12(1): 41-50. <https://doi.org/10.22146/jrekpros.35754>
45. Apriyani N. Industri Batik: Kandungan Limbah Cair dan Metode Pengolahannya. *Media Ilmiah Teknik Lingkungan*. Februari 2018;3(1): Article Review21-29. <https://doi.org/10.33084/mitl.v3i1.640>
46. Gh Ghanizadeh, R Sarrafpour. The Effects of Temperature and PH on Settability of Activated Sludge Flocs. *Iranian J. Publ. Health*. 2001;30(3-4):139-42.



©2022. This open-access article is distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License.