

Penurunan *Chemical Oxygen Demand (COD)* Dan Fosfat ($PO_4\text{-P}$) Limbah Laundry Menggunakan EM_4 dan Mikroalga *Spirulina sp*

Kristin Ari Fitria¹; Indah Nurhayati^{1*}; Joko Sutrisno¹

Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas PGRI Adi Buana Surabaya, Surabaya

*Koresponden Email : indahnurhayati@unipasby.ac.id

Abstrak

Limbah laundry mengandung kadar COD dan $PO_4\text{-P}$ melebihi baku mutu sehingga jika langsung dibuang ke badan air dapat menyebabkan eutrofikasi. Salah satu teknologi untuk menurunkan COD dan $PO_4\text{-P}$ adalah menggunakan simbiosis mikroalga *Spirulina sp* dan EM_4 . Tujuan dari penelitian ini untuk mengkaji pengaruh konsentrasi EM_4 (0%, 5%, dan 10%), aerasi dan waktu tinggal terhadap nilai pH, konsentrasi COD dan $PO_4\text{-P}$ pada pengolahan limbah laundry menggunakan simbiosis mikroalga *Spirulina sp* dan EM_4 . Kultur mikroalga *Spirulina sp* menggunakan bibit mikroalga dari Laboratorium Biologi Universitas PGRI Adi Buana Surabaya. Kultur dilakukan selama 35 hari untuk mendapatkan konsentrasi klorofil a 4.1 mg/L. EM_4 sebelum digunakan diaktivasi dengan cara difermentasi selama 7 hari. Pengolahan limbah laundry dilakukan dengan sistem batch menggunakan reaktor kaca volume 5 L. analisis sampel dilakukan pada hari ke-0, 3, 6 dan 9. Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi EM_4 , aerasi dan waktu tinggal berpengaruh terhadap penurunan COD dan $PO_4\text{-P}$. pH selama penelitian stabil sekitar 8.1-8.3, penurunan COD dan $PO_4\text{-P}$ tertinggi terjadi pada reaktor dengan penambahan EM_4 5% dan aerasi pada hari ke-3, konsentrasi COD akhir sebesar 283.5 mg/l dengan penurunan 81.75%, dan konsentrasi $PO_4\text{-P}$ akhir 11.25 mg/l dengan penurunan 48.15%.

Kata Kunci : EM_4 , Limbah Laundry, *Spirulina sp*

Abstract

Since laundry waste contains COD and $PO_4\text{-P}$ level that exceeds the quality standard, a direct release of the waste into the water body may lead to eutrophication. One technology to reduce COD and $PO_4\text{-P}$ uses symbiosis of *Spirulina sp* and EM_4 microalgae. The purpose of this study was to examine the EM_4 concentration (0%, 5%, and 10%), aeration and detention time of 3 days, 6 days and 9 days for pH, COD and $PO_4\text{-P}$ in waste treatment using microbial symbiosis *Spirulina sp* and EM_4 . Microalgae culture *Spirulina sp* using microalgae seedlings from Biological Laboratory University PGRI Adi Buana Surabaya, and culture carried out for 35 days to obtain a chlorophyll a concentration of 4.1 mg / L. Prior to the use, EM_4 was activated by fermentation for 7 days. Waste treatment is carried out with a laboratory-scale batch system using a 5 L volume glass reactor. The results showed that EM_4 concentration, aeration and, detention time affect decreasing COD and PO_4 . pH during the study was stable around 8.1 - 8.3, the highest COD and $PO_4\text{-P}$ reduction in the reactor with the addition of 5% EM_4 , and aeration on the 3rd day with a final COD concentration of 283.5 mg / L with a decrease of 81.75%, and a final $PO_4\text{-P}$ concentration of 11.25 mg / L with a reduction of 48.15%.

Keywords: EM_4 , Laundry Waste, *Spirulina sp*

1. PENDAHULUAN

Semakin meningkatnya jumlah penduduk dan tingkat perekonomian masyarakat, menyebabkan tumbuhnya usaha *laundry*. Kehadiran usaha *laundry* dapat memberikan dampak negatif terhadap lingkungan karena menggunakan detergen sebagai bahan aktif dalam proses *laundry*. Detergen mengandung surfaktan *Linear Alkyl Benzene Sulfonates (LAS) builder Sodium Tri Poli Phosphate (STPP)* (Zairinayati & Shatriadi, 2019). Limbah *laundry* mengandung *Carboxyl Methyl Cellulose (CMC)*, Kalsium (Ca), Fosfor (P), pemutih pakaian (Kusuma et al., 2019). Belum semua usaha *laundry* mengolah limbahnya sebelum dibung ke lingkungan. Pembuangan limbah *laundry* yang berlebihan secara langsung ke lingkungan perairan dapat menyebabkan pencemaran lingkungan perairan, seperti *eutrofikasi*, pendangkalan sungai, meningkatnya kadar zat organik, menurunnya oksigen terlarut (DO) sehingga dapat mengganggu kehidupan biota di perairan seperti ikan, dan mikroorganisme lainnya (Zairinayati & Shatriadi, 2019).

Salah satu alternatif pengolahan limbah *laundry* adalah menggunakan teknologi simbiosis mikroalga dengan bakteri yang dikenal dengan *High Rate Algae Pond (HRAP)*. Pengolahan limbah dengan HRAP merupakan teknologi yang ramah lingkungan dan efisien dalam penggunaan energi (Nurhayati et al., 2021), tidak menghasilkan limbah sekunder (Simatupang et al., 2017). HRAP dapat digunakan untuk mengolah limbah perkotaan (Assemany et al., 2015; Nurhayati & Ratnawati, 2018).

Penelitian sebelumnya memberikan hasil bahwa pengolahan air Boezem dengan HRAP dapat menurunkan kadar BOD 52.09% dan COD 50.94% (Ratnawati et al., 2017). Simbiosis mutualisme mikroorganisme *Chlorella sp* dengan EM₄ dapat menurunkan COD 90.2%, *Biological Oxygen Demand (BOD)* 83%, dan *Total Suspended Solid (TSS)* 81% limbah sagu (Simatupang et al., 2017). Limbah cair tahu yang difermentasi menggunakan EM₄ konsentrasi 30 mg/l pada hari ke-8 menghasilkan populasi puncak dengan kepadatan *spirulina sp* 1.406.75±32 ind/ml (Maulana et al., 2017). Pengolahan air boezem yang tercemar limbah domestik menggunakan sistem mikroalga bakteri dapat menurunkan NH₃ 97.92% dan BOD 61.03% (Nurhayati & Ratnawati, 2018).

EM₄ mengandung sekitar 95% bakteri asam laktat (*Lactobaccilus sp*) dan 5% sisanya jamur fermentasi (*Saccharomyces sp.*), *Rhodopseudomonas sp*, *Actinomycetes* dan ragi/yeast (Sari et al., 2017). Mikroorganisme yang terkandung EM₄ bersifat fermentatif dan sintetik (Maulana et al., 2017). Pada pengolahan limbah EM₄ berfungsi sebagai starter sehingga pengolahan limbah menjadi lebih cepat (Simatupang et al., 2017). Mikroorganisme di dalam EM₄ dapat mendegradasi senyawa kompleks yang terdapat dalam limbah *laundry* menjadi senyawa yang lebih sederhana yang akan

digunakan oleh mikroalga (Maulana et al., 2017). Pengolahan limbah cair tahu menggunakan EM₄ dapat menurunkan *Chemical Oxygen Demand* (COD) 96% (Munawaroh et al., 2013). Pengolahan limbah tahu menggunakan EM₄ 7% dalam waktu tinggal 216 jam dapat menurunkan COD 86.6 %, TSS 72.7% (Sari et al., 2017).

Pengolahan air limbah dengan mikroalga memberikan keuntungan antara lain mikroalga banyak tumbuh di perairan, berkembangbiaknya cepat, rentang toksisitasnya lebar, limbah yang dapat diremediasi relatif lebih banyak, dan bersifat non pathogen (Purnamawati et al., 2015). Mikroalga berpotensi untuk menghilangkan nutrisi dalam air limbah seperti Nitrogen (N) dan P (Sayadi et al., 2016). Mikroalga yang banyak digunakan sebagai media bioremediasi antara *Scenedesmus*, *Synechocystis*, *Spirulina* banyak (Purnamawati et al., 2015).

Mikroalga *Spirulina sp* merupakan mikroalga autotrof berwarna hijau kebiruan, berkoloni (Asthary et al., 2013), suhu optimum antara 25 -35⁰C (Maulana et al., 2017), mudah berkembang biak, tumbuh baik pada pH 9-10 (Sukadarti et al., 2016), (pH 8.5 -11 (Asthary et al., 2013), membentuk populasi di badan air daerah tropis dan sub tropis yang mengandung kadar karbonat dan bikarbonat yang tinggi, mudah dibudidayakan (Anggadhanika & Nugroho, 2018). *Spirulina sp* mengandung nilai gizi tinggi dan menjadi pakan alami larva udang dan ikan (Astiani et al., 2016). Mikroalga *Spirulina sp* dapat menyisihkan konsentrasi Nitrat 84,3% dan Fosfat 41.8 % dari limbah domestik (Jalal et al., 2011). Air limbah budidaya lele berpengaruh terhadap laju pertumbuhan *Spirulina sp* (Lesmana et al., 2019). *Spirulina sp* tumbuh baik dalam media kultur kotoran ayam, burung, sapi dan kerbau (Astiani et al., 2016). Pengolahan limbah cair industri karet menggunakan mikroalga *Spirulina sp* dapat menurunkan Nitrogen-Ammoniak (N-NH₃) sebesar 94%, Ortophospat (PO₄-P) sebesar 71% dan COD 22% (Munawaroh, 2016).

Masih sedikitnya data penelitian tentang efek dosis EM₄ dan aerasi terhadap penurunan COD dan PO₄-P pada pengolahan limbah *laundry* menggunakan simbiosis mikroalga *Spirulina sp* dengan EM₄, oleh karena itu penelitian ini bertujuan mengkaji pengaruh dosis EM₄, aerasi dan waktu tinggal terhadap konsentrasi COD, fosfat dan nilai pH pada pengolahan limbah *laundry* menggunakan simbiosis EM₄ dengan mikroalga *Spirulina sp*.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Bahan dan Alat

Bahan utama pada penelitian ini adalah limbah *laundry* yang belum diencerkan dari salah satu usaha *laundry* di Surabaya. EM₄ yang digunakan EM₄ yang dijual di pasaran. Bibit mikroalga *Spirulina sp* berasal kultur murni dari Laboratorium Biologi Universitas PGRI Adi Buana Surabaya. Kultur mikroalga *Spirulina sp* menggunakan reaktor plastik dengan volume 15 liter dalam media Zarrouk. Pengolahan limbah *laundry* menggunakan reaktor tabung kaca dengan volume 5 L. Aerasi menggunakan aerator akuarium model RC-Q6.

2.2 Metode

2.3 Kultur Mikroalga *Spirulina sp*

Pengolahan limbah *laundry* dilakukan dalam skala laboratorium, menggunakan reaktor kaca dengan sistem *batch*. Penelitian dilakukan di dalam *green house* sehingga dapat terkena sinar matahari dan terhindar dari gangguan binatang.

Kultur mikroalga dilakukan dengan tujuan mendapatkan mikroalga yang sudah siap digunakan untuk mengolah limbah, ditandai dengan konsentrasi klorofil a sekitar 3.5 mg/L (Nurhayati et al., 2019). Kultur mikroalga *Spirulina sp* dilakukan dengan penambahan media zarrouk (Anggadhanika & Nugroho, 2018), dikenakan sinar matahari, dan dilakukan aerasi terus menerus. Aerasi bertujuan untuk menambah CO₂ dan mencampur media dalam reaktor. Klorofil a dianalisis menggunakan spektrofotometri (Nurhayati et al., 2019). Kultur mikroalga dilakukan selama 35 hari dan didapatkan konsentrasi klorofil a 4.1 mg/l.

2.4 Aktivasi EM₄

Aktivasi EM₄ bertujuan untuk mengaktifkan bakteri EM₄ dari kondisi dorman sehingga bakteri dapat menguraikan limbah dengan optimal. Aktivasi EM₄ dilakukan dengan cara mengencerkan menggunakan aquades sampai konsentrasi yang dikehendaki yaitu 5% dan 10%, kemudian difermentasi pada suhu kamar selama 5-7 hari (Maulana et al., 2017). Kondisi EM₄ yang sudah aktif dan siap digunakan ditandai dengan kenaikan pH menjadi > 4, baunya sedap seperti glukosa dan membentuk lapisan putih di atas permukaan larutan EM₄ (Munawaroh et al., 2013).

2.5 Pengolahan Limbah *Laundry* dengan EM₄ dan Mikroalga *Spirulina sp*

Limbah *laundry* ditungkan ke reactor kemudian ditambahkan kultur mikroalga *Spirulina sp* dan EM₄ sesuai variasi seperti table 1. Volume air limbah dan mikroalga yang ditambahkan ke reactor uji adalah 1 : 3. Reaktor control hanya diisi air limbah *laundry* tanpa ditambah kultur mikroalga, EM₄ dan tanpa aerasi. Kode reaktor penelitian disajikan pada Tabel 1. Pengolahan limbah dilakukan selama 9 hari, dan analisis COD, PO₄-P, pH, dan suhu dilakukan pada hari ke-0, 3, 6, 9.

Tabel 1. Kode Reaktor

Reaktor	Limbah <i>laundry</i> (ml)	Volume EM ₄ (ml)	Konsentrasi EM ₄ %	Kultur Mikroalga (ml)	Volume total	Aerasi
Kontrol	2000	0	0	0	2000	Tanpa aerasi
5	500	100	5	1500	2100	Tanpa aerasi
5A	500	100	5	1500	2100	Aerasi
10	500	100	10	1500	2100	Tanpa Aerasi
10A	500	100	10	1500	2100	Aerasi

Analisis pH menggunakan pH meter, suhu menggunakan termometer, COD dengan metode APHA 5220 C, Ed 22,2012, PO₄-P dengan metode APHA 4500 P-E, Ed 22,2012. Konsentrasi awal COD dan PO₄-P air limbah dianalisis untuk mengetahui tingkat efisiensi penurunannya. Data efisiensi dianalisis untuk mengetahui pengaruh dari masing masing perlakuan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Karakteristik Awal Limbah *Laundry*

Kualitas air limbah *laundry* sebelum diolah diajikan dalam Tabel 2 dan secara visual terlihat keruh. Berdasarkan parameter COD, PO₄-P limbah *laundry* belum memenuhi baku mutu sesuai dengan Peraturan Gubernur Jawa Timur No.72 Tahun 2013 tentang Baku Mutu Air limbah Industri dan atau kegiatan usaha lainnya *Laundry*. Nilai pH menunjukkan air limbah bersifat basa tetapi masih memenuhi baku mutu disyaratkan yaitu 6-9. Suhu awal air limbah 30⁰C.

Kadar COD limbah *laundry* yaitu 1551.40 mg/L, menunjukkan bahwa air limbah *laundry* mengandung zat organik yang mudah diuraikan dan yang sukar diuraikan secara biologi sangat tinggi (Nurhayati et al., 2019). Air limbah *laundry* di Surabaya sebagian besar tidak diolah dan langsung dibuang ke perairan. Air limbah dengan kadar COD tinggi mengakibatkan oksigen terlarut (DO) dalam air berkurang sehingga dikhawatirkan dapat mengganggu ikan dan biota perairan (Irham et al., 2017).

Tabel 2. Karakteristik Awal Limbah *Laundry*

No	Parameter	Satuan	Baku Mutu	Hasil Uji
1.	Nilai pH	-	6-9	8.20
2.	Suhu	°C	-	30.00
3.	COD	mg/L	250	1551.40
4.	PO ₄ -P	mg/L	10	21.65

Tingginya kadar PO₄-P dalam limbah *laundry* menunjukkan bahwa proses *laundry* menggunakan detergen yang mengandung STPP. Tingginya kandungan PO₄-P dalam limbah *laundry* jika dibuang ke perairan dikhawatirkan terjadi *eutrofikasi* (Sentosa et al., 2017), sehingga kadar DO perairan berkurang (Zairinayati & Shatriadi, 2019). Berdasarkan karakteristik limbah *laundry* sebelum diolah maka perlu adanya pengolahan limbah *laundry* yang ramah lingkungan dan efisien, salah satunya menggunakan symbiosis mikroalga dengan bakteri

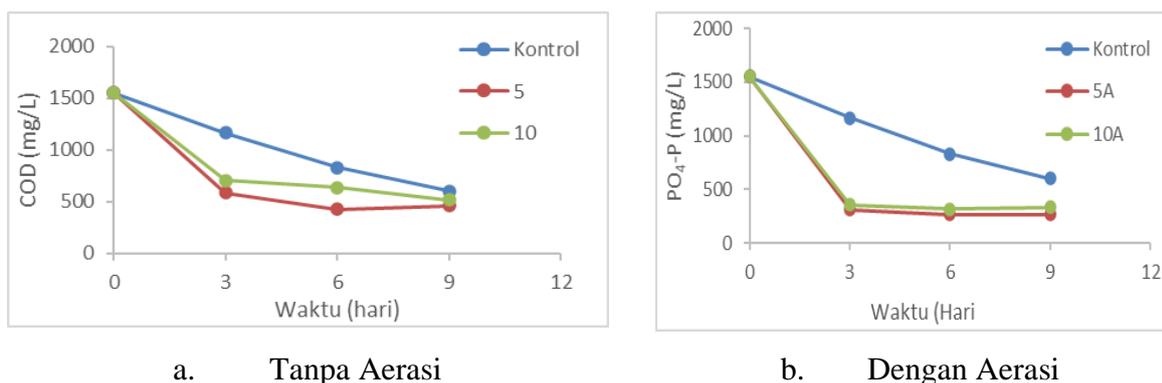
3.2 Konsentrasi COD

Gambar 1, menunjukkan bahwa semua reaktor uji yang ditambah EM₄ 5% dan 10% serta kultur mikroalga dapat menurunkan konsentrasi COD lebih tinggi daripada reaktor kontrol. Penurunan COD terjadi karena adanya proses simbiosis mutualisme mikroalga dengan bakteri EM₄. Zat organik dalam air limbah *laundry* difermentasi oleh bakteri *Laktobacillus sp* yang terdapat dalam EM₄ menjadi asam laktat berfungsi mempercepat proses perombakan zat organik (Sari et al., 2017), Jamur *Saccharomyces sp* dalam EM₄ juga mempercepat perombakan zat organik dalam air limbah *laundry* (Munawaroh et al., 2013). Zat organik digunakan bakteri dalam pertumbuhannya sebagai sumber nutrisi (Soeprbowati et al., 2013). Peruraian zat organik oleh bakteri menghasilkan CO₂. Pada saat fotosintesis mikroalga menyerap CO₂ dan air (H₂O), menghasilkan energi dan oksigen (O₂). Oksigen digunakan bakteri untuk respirasi sehingga dapat berkembang biak dan mendegradasi zat organik dalam limbah *laundry* (Ratnawati et al., 2017).

Berdasarkan pada pengaruh konsentrasi EM₄, menunjukkan bahwa reaktor dengan penambahan 5% dapat menurunkan COD lebih tinggi daripada reaktor dengan penambahan EM₄ 10%, baik pada reaktor tanpa aerasi (Gambar 1.a) maupun reaktor dengan aerasi (Gambar 1.b). Hal ini terjadi karena penambahan bakteri EM₄ 5% lebih efisien dibanding dengan EM₄ 10%. Penambahan EM₄ 10% tidak seimbang dengan jumlah mikroalga pada reaktor, sehingga mengakibatkan mikroalga *Spirulina sp* tidak berkembang dengan baik. Penambahan EM₄ 10% menyebabkan zat organik terdegradasi dengan

cepat karena melimpahnya bakteri yang terkandung dalam EM₄, sehingga CO₂ yang dihasilkan juga melimpah. Kadar CO₂ yang tinggi menyebabkan pH air limbah turun karena terbentuk asam karbonat, dan kurang menguntungkan untuk pertumbuhan *Spirulina sp* (Sukadarti et al., 2016). Hal ini ditandai pada reaktor reactor 5 dan 5A berwarna jernih dan hijau, sedangkan reaktor 10 dan 10A keruh dan berwarna hijau kekuningan.

Berdasarkan waktu pengolahan limbah, menunjukkan bahwa semua reaktor pada hari ke-3 mengalami penurunan COD sangat drastis sedangkan pada hari ke-6 sampai ke-9 penurunan tidak terlalu signifikan cenderung stabil. Pada hari ke-3 reaktor 5 dapat menurunkan COD 62.03%, 5A 80.04%, 10 54.5% dan 10A 77.15%. Sedangkan pada akhir penelitian reaktor 5 menurunkan COD 70.15%, 5A 8279%, 10 66.68% dan 10A 78.66%. Hal ini karena pada hari k-3 mikroorganisme berada pada fase eksponensial, sedangkan pada hari ke-6 sampai ke-9 berada pada fase stasioner sehingga penurunan COD cenderung stabil. Fase eksponensial terjadi karena nutrisi di dalam limbah masih melimpah sehingga mikroorganisme berkembang dan menggandakan diri dengan cepat. Fase stasioner terjadi karena nutrisi semakin berkurang sehingga mikroorganisme tidak mengalami pertumbuhan secara eksponensial, dan mikroorganisme juga mengalami kematian (Nurhayati et al., 2019). Penelitian ini juga hampir sama dengan penelitian sebelumnya yaitu fase eksponensial *Spirulina sp* terjadi pada hari ke-2 dan ke-3 dan fase stasioner hari ke-4 sedangkan fase kematian hari-6 (Astiani et al., 2016).



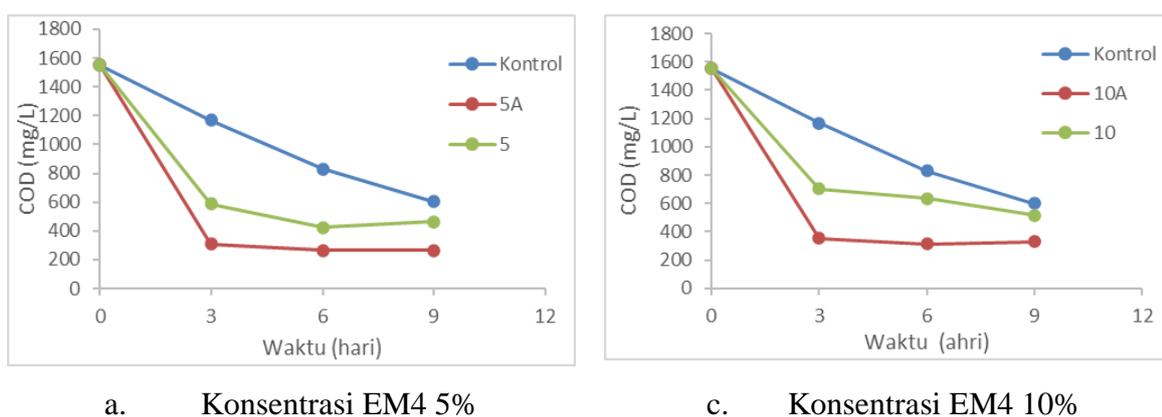
Gambar 1. Pengaruh Konsentrasi EM₄ Terhadap COD

Proses aerasi berpengaruh terhadap penurunan COD limbah *laundry* (Gambar 2), reaktor yang dilakukan aerasi secara terus menerus, baik pada konsentrasi EM₄ 5% dan 10% (5A dan 10A) mengalami penurunan COD yang lebih besar dari pada reaktor tanpa aerasi (5 dan 10). Proses pengolahan limbah dengan simbiosis mikroalga dengan bakteri aerobik ketersediaan DO merupakan

faktor yang sangat penting (Ratnawati et al., 2017). Bakteri yang terkandung dalam EM₄ merupakan bakteri aerob sehingga dalam mendegradasi zat organik dibutuhkan oksigen. Aerasi mencegah pengendapan pada air limbah (Sari et al., 2017), meningkatkan DO, dan sebagai sirkulasi air limbah, sehingga bakteri aerob dapat mendegradasi zat organik dalam limbah dengan optimum.

Reaktor kontrol, penurunan COD lebih rendah dan lebih lama dibandingkan pada reaktor uji. Pada hari ke-3 reaktor kontrol penurunan COD 24.6%, pada hari ke-9 61.22%. Selama penelitian reaktor kontrol pertumbuhan bakteri belum mencapai fase stasioner. Penurunan COD pada reaktor kontrol terjadi karena proses oksidasi zat organik secara alamiah oleh bakteri yang berasal dari limbah *laundry*.

Dari penelitian ini disimpulkan bahwa pengolahan limbah *laundry* menggunakan simbiosis mikroalga *Spirulina sp* dan EM₄ dapat menurunkan COD tertinggi pada reaktor dengan penambahan EM₄ 5% dan dilakukan aerasi terus menerus (5A), pada hari ke-6 dengan penurunan sebesar 83.04% dari konsentrasi awal 1551.4 mg/L menjadi 263.1 mg/L. Konsentrasi COD akhir belum memenuhi baku mutu yang disyaratkan yaitu Pergub Jatim No.72 Tahun 2013. Hasil penelitian ini lebih tinggi dari penelitian sebelumnya yaitu pengolahan limbah cair industri karet menggunakan mikroalga *Spirulina* dapat menurunkan COD 22% (Munawaroh et al., 2013), dan tidak jauh berbeda dengan penelitian tentang pengolahan limbah tahu menggunakan EM₄ 7% dalam waktu tinggal 216 jam dapat menurunkan COD 86.6 %, TSS 72.7% (Sari et al., 2017).



Gambar 2. Pengaruh Aerasi Terhadap COD

3.3 Konsentrasi Fosfat ($\text{PO}_4\text{-P}$)

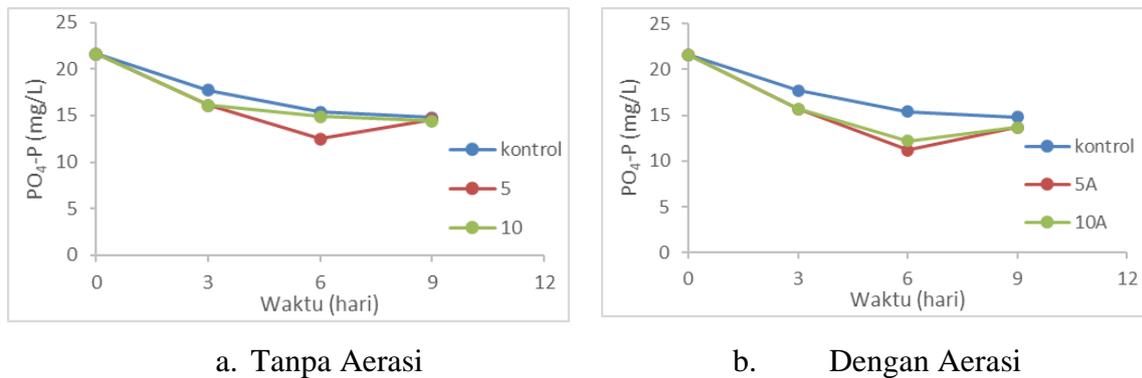
Konsentrasi $\text{PO}_4\text{-P}$ selama penelitian disajikan pada Gambar 3, menunjukkan bahwa konsentrasi EM_4 , aerasi dan waktu tinggal berpengaruh terhadap konsentrasi $\text{PO}_4\text{-P}$. Reaktor uji (5, 5A, 10, 10A) dapat menurunkan konsentrasi $\text{PO}_4\text{-P}$ lebih tinggi dari pada reaktor kontrol. Penurunan konsentrasi $\text{PO}_4\text{-P}$ dalam air limbah *laundry* terjadi karena adanya simbiosis mutualisme mikroalga *Spirulina sp* dengan bakteri dari EM_4 . Fosfat organik dalam air limbah akan dirombak menjadi fosfat anorganik oleh mikroorganisme. Fosfat anorganik digunakan untuk aktivitas kehidupan mikroorganisme (Munawaroh et al., 2013). Penambahan EM_4 mempercepat degradasi fosfat organik menjadi fosfat anorganik. Fosfat merupakan unsur makro yang dibutuhkan oleh mikroorganisme. Fosfat digunakan mikroalga untuk pertumbuhan dan reproduksi (Nurhayati et al., 2019).

Reaktor dengan penambahan EM_4 5% (5 dan 5A) dapat menurunkan $\text{PO}_4\text{-P}$ lebih tinggi daripada penambahan EM_4 10% (10 dan 10A). Penambahan EM_4 10% menyebabkan pertumbuhan *Spirulina sp* terganggu, sehingga simbiosis mikroalga dengan bakteri kurang seimbang (Sukadarti et al., 2016).

Berdasarkan pada waktu penelitian, semua reaktor uji konsentrasi $\text{PO}_4\text{-P}$ terendah terjadi pada hari ke-6, sedangkan pada hari ke-9 fluktuatif ada yang stabil dan ada yang mengalami kenaikan. Hari ke-6 penurunan $\text{PO}_4\text{-P}$ antara 31- 48%. Pada hari ke-6 semua reaktor terjadi fase eksponensial karena nutrisi yang diperlukan oleh mikroorganismenya untuk pertumbuhan dan berkembangbiak masih tinggi sehingga mikroorganismenya berkembang dengan cepat.

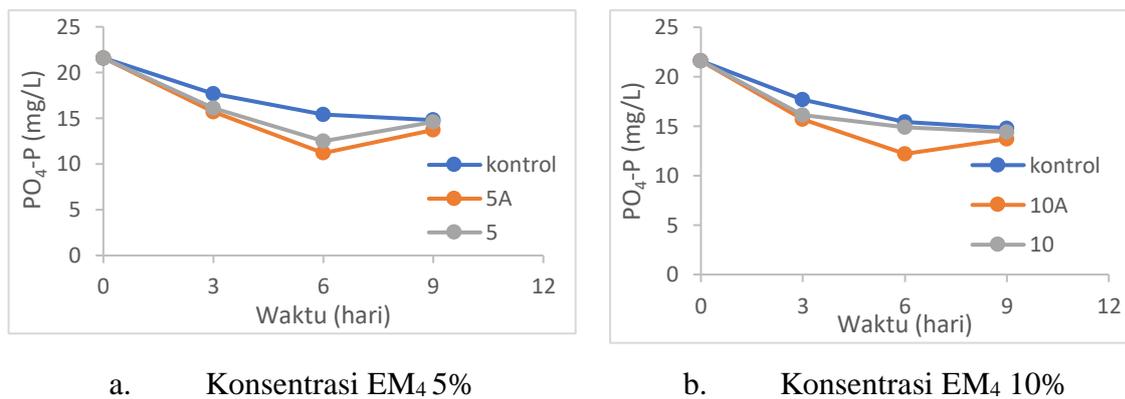
Pada hari ke-9 reaktor 5, 5A, dan 10A konsentrasi $\text{PO}_4\text{-P}$ mengalami kenaikan, hal ini terjadi karena mikroorganismenya mengalami fase kematian. Fase kematian terjadi karena berkurangnya nutrisi dalam air limbah yang diperlukan oleh mikroorganismenya. Mikroorganismenya yang telah mati akan terlepas kembali ke dalam air limbah sehingga konsentrasi $\text{PO}_4\text{-P}$ mengalami kenaikan. Reaktor 10 hari ke-9, konsentrasi $\text{PO}_4\text{-P}$ stabil, karena mikroorganismenya memasuki fase stasioner.

Reaktor kontrol, sampai hari ke-6 konsentrasi $\text{PO}_4\text{-P}$ mengalami penurunan 28.7%. Selama penelitian konsentrasi $\text{PO}_4\text{-P}$ reaktor kontrol lebih tinggi dibandingkan reaktor uji. Penurunan $\text{PO}_4\text{-P}$ pada reaktor kontrol terjadi karena degradasi oleh mikroorganismenya yang berasal dari air limbah.



Gambar 3. Pengaruh Konsentrasi EM₄ Terhadap Konsentrasi PO₄-P

Gambar 4, menunjukkan bahwa reaktor dengan penambahan aerasi (5A dan 10A) dapat menurunkan PO₄-P yang lebih tinggi dari pada reaktor tanpa aerasi (5 dan 10). Penambahan aerasi akan meningkatkan DO air limbah sehingga simbiosis mutualisme mikroalga *Spirulina sp* dengan bakteri berjalan optimal sehingga dapat menurunkan PO₄-P lebih tinggi.



Gambar 4. Pengaruh Aerasi Terhadap Konsentrasi PO₄-P

Penurunan PO₄-P limbah *laundry* dengan menggunakan EM₄ dan mikroalga *Spirulina sp* tertinggi terjadi pada reaktor 5A, yaitu reaktor dengan penambahan EM₄ 5% dengan aerasi pada hari ke-6. Nilai penurunan sebesar sebesar 48.15%, dari konsentrasi awal PO₄-P sebesar 21.60 mg/L menjadi 11.20 mg/L. Reaktor 10A dapat menurunkan PO₄-P sebesar 43.52%, dari konsentrasi awal 21.60 mg/L menjadi 12.2 mg/L. Konsentrasi akhir PO₄-P belum memenuhi baku mutu sesuai dengan Pergub Jatim No. 72 tahun 2013. Hasil penelitian ini lebih rendah dari penelitian sebelumnya yaitu mikroalga *spirulina* dapat menurunkan PO₄-P limbah karet sebesar 71% (Munawaroh, 2016). Hal ini terjadi karena pertumbuhan mikroalga *Spirulina* selain dipengaruhi oleh ketersediaan nutrisi juga dipengaruhi oleh suhu, DO, salinitas dan pH (Maulana et al., 2017). Nilai pH optimum untuk

pertumbuhan spirulina antara 8.5 -11 (Asthary et al., 2013). Nilai pH selama penelitian antara 8.1 - 8.3. Selain $\text{PO}_4\text{-P}$, Nitrat juga merupakan nutrien yang sangat diperlukan dalam pertumbuhan mikroalga (Maulana et al., 2017). nitrat terkandung dalam limbah domestik, limbah pertanian dan peternakan (Patricia et al., 2018). Kurang terpenuhinya nitrat dan pH media menyebabkan mikroalga *Spirulina* pertumbuhannya kurang optimal. Dengan demikian simbiosis bakteri EM₄ dan mikroalga *spirulina sp* kurang efektif dalam menurunkan $\text{PO}_4\text{-P}$.

3.4 pH dan Suhu

pH merupakan salah satu faktor yang penting dalam pertumbuhan mikroalga *Spirulina sp*. *Spirulina sp* tumbuh optimum pada suasana basa dengan nilai pH 9-10 (Sukadarti et al., 2016), pH 8.5 -11 (Asthary et al., 2013). Nilai pH selama penelitian tidak mengalami perubahan yaitu antara 8.0 – 8.3. Berdasarkan baku mutu nilai pH sudah sesuai dengan Pergub Jatim No. 72 tahun 2013. Berdasarkan syarat tumbuh mikroalga *Spirulina sp* pH air limbah *laundry* belum memenuhi syarat optimal pertumbuhan mikroalga *Spirulina sp*

Aktivitas mikroorganisme dipengaruhi oleh suhu. Mikroalga *Spirulina sp* tumbuh optimum pada suhu 25°C - 35°C (Maulana et al., 2017). Selama penelitian suhu cenderung stabil antara 30°C -33°C. Keadaan ini menunjukkan bahwa suhu masih berada dalam rentang suhu optimum pertumbuhan mikroalga *spirulina sp*.

4. KESIMPULAN

Penelitian tentang pengaruh konsentrasi EM₄, aerasi dan waktu tinggal pada pengolahan limbah *laundry* menggunakan simbiosis mutualisme mikroalga *Spirulina sp* dengan EM₄ memberikan hasil bahwa penurunan COD tertinggi sebesar 83.0% dari kadar awal 1551.70 mg/L menjadi 263.50 mg/L terjadi pada reaktor dengan penambahan EM₄ 5%, dengan penambahan aerasi pada hari ke-3, penurunan $\text{PO}_4\text{-P}$ tertinggi sebesar 48.15% dari konsentrasi awal 21.60 mg/L menjadi 11.20 mg/L terjadi pada reaktor dengan penambahan EM₄ 5% dengan aerasi pada hari ke-6, nilai pH selama penelitian antara 8.1 – 8.3. Konsentrasi COD dan $\text{PO}_4\text{-P}$ pada akhir penelitian belum memenuhi baku mutu sesuai dengan Pergub Jatim No. 72 tahun 2013, oleh karena itu sebaiknya ada penelitian lanjutan dengan menggabungkan mikroalga dengan fitoremediasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Anggadhania, L., & Nugroho, A. P. (2018). Efek Laju Karbondioksida (CO₂) Terhadap Morfologi dan Laju Pertumbuhan Populasi Spirulina platensis (Gomont). *Jurnal Penelitian Kehutanan Faloak*, 1(2): 75–84.
- Assemany, P. P., Calijuri, M. L., Couto, E. de A. do, de Souza, M. H. B., Silva, N. C., Santiago, A. da F., & Castro, J. de S. (2015). Algae/bacteria consortium in high rate ponds: Influence of solar radiation on the phytoplankton community. *Ecological Engineering*, 77: 154–162.
- Asthary, P. B., Setiawan, Y., Surachman, A., & , S. (2013). Pertumbuhan Mikroalga Spirulina platensis Dalam Efluen Industri Kertas. *Jurnal Selulosa*, 3(02): 97–102.
- Astiani, F., Dewiyanti, I., Mellisa Jurusan Budidaya Perairan, S., Syiah Kuala, U., & Aceh, B. (2016). Pengaruh Media Kultur Yang Berbeda Terhadap Laju Pertumbuhan dan Biomassa Spirulina sp. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Kelautan dan Perikanan Unsyiah*, 1(3): 441–447.
- Irham, M., Abrar, F., & Kurnianda, V. (2017). Analisis BOD dan COD di Perairan Estuaria Krueng Cut, Banda Aceh. *Depik*, 6(3): 199–204.
- Jalal, K. C. a., Md Zahangir, A., Matin, W. a., Kamaruzzaman, B. Y., Akbar, J., & Toffazel, H. (2011). Removal of Nitrate and Phosphate From Municipal Wastewater Sludge By Chlorella Vulgaris , Spirulina Platensis and. *IJUM Engineering Journal*, 12(4): 125–132.
- Kusuma, D. A., Fitria, L., & Kadaria, U. (2019). Pengolahan Limbah Laundry Dengan Metode Moving Bed Biofilm Reactor (Mbbr) (Laundry Wastewater Treatment Using Moving Bed Biofilm Reactor (Mbbr) Method). *Jurnal Teknologi Lingkungan Lahan Basah*, 7(1): 001–010.
- Lesmana, P. A., Diniarti, N., & Setyono, bagus D. H. (2019). Pengaruh Penggunaan Limbah Air Budidaya Ikan Lele Sebagai Media Pertumbuhan Spirulina Sp. *Jurnal Perikanan*, 9(1) : 50–65.
- Maulana, P. M., Karina, S., & Mellisa, S. (2017). Pemanfaatan Fermentasi Limbah Cair Tahu Menggunakan EM4 Sebagai Alternatif Nutrisi Bagi Mikroalga Spirulina sp. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Kelautan dan Perikanan Unsyiah*, 2(1):104–112.
- Munawaroh, S. Z. (2016). *Potensi Mikroalga Yang Dikultivasi Pada Media Limbah Cair Industri Karet Remah Dengan Sistem Open Pond Sebagai Sumber Protein*. Universitas Lampung.
- Munawaroh, Sutisna, M., & Pharmawati, K. (2013). Penyisihan Parameter Pencemar Lingkungan pada Limbah Cair Industri Tahu menggunakan Efektif Mikroorganisme 4 (EM4) serta Pemanfaatannya-1 Penyisihan Parameter Pencemar Lingkungan pada Limbah Cair Industri Tahu menggunakan Efektif Mikroorganisme 4 (EM4). *Reka Lingkungan*, 1(2) : 1–12.
- Nurhayati, I., & Ratnawati, R. (2018). Degradation of NH₃ and BOD in Domestic Wastewater using

- Algal- bacterial System Domestic wastewater. *Proceedings of the Built Environment, Science and Technology International Conference (BEST ICON 2018)*, 213–218.
- Nurhayati, I., Ratnawati, R., & Sugito. (2019). Effects of potassium and carbon addition on bacterial algae bioremediation of boezem water. *Environmental Engineering Research*, 24(3): 495–500.
- Nurhayati, I., Ratnawati, R., Sutrisno, J., Pramana, Y. B., & Oktavitri, N. I. (2021). Microalgae *Scenedesmus* sp potential in phytoremediation of kalidami retention pond with potassium and carbon addition. *Pollution Research*, 40(1): 194–198.
- Patricia, C., Astono, W., & Hendrawan, D. I. (2018). Kandungan fosfat dalam perairan pada umumnya berasal dari limpasan pupuk pada pertanian, kotoran manusia maupun hewan, kadar sabun, pengolahan sayuran, serta industri pulp dan kertas. Penggunaan detergen dalam rumah tangga juga menjadi penyumbang kadar fo. *Seminar nasional Cendekiawan Tahun ke 4, 4* : 179–185.
- Purnamawati, F. S., Soeprbowati, T. R., & Izzati, M. (2015). Potensi *Chlorella vulgaris* Beijerinck Dalam Remediasi Logam Berat Cd Dan Pb Skala Laboratorium. *Bioma : Berkala Ilmiah Biologi*, 16(2), 102–113.
- Ratnawati, R., Nurhayati, I., & Sugito. (2017). The Performance of Algae-Bacteria to Improve The Degree of Environmental Health Bioremediation of Boezem Water The experiment was conducted in laboratory scale. *2nd International Symposium of Public Health (ISOPH 2017) Achieving SDGs in South East Asia: Challenging and Tackling of Tropical Health Problems, Isoph 2017* : 17–23.
- Sari, K. L., Ali, Z., & Hardiono. (2017). Penurunan Kadar BOD, COD dan TSS Pada Limbah Tahu Menggunakan Effective Microorganism-4 (EM4) Secara Aerob. *jurnal Kesehatan Lingkungan*, 14(1): 449–458.
- Sayadi, M. H., Ahmadpour, N., Fallahi Capoorchali, M., & Rezaei, M. R. (2016). Removal of nitrate and phosphate from aqueous solutions by microalgae: An experimental study. *Global Journal of Environmental Science and Management*, 2(4) : 357–364.
- Sentosa, A. A., Hediando, D. A., & Satria, H. (2017). Dugaan Eutrofikasi Di Danau Matano Ditinjau Dari Komunitas Fitoplankton Dan Kualitas Perairan. *LIMNOTEK - Perairan Darat Tropis di Indonesia*, 24(2) : 61–73.
- Simatupang, D., Restuhadi, F., & Dahril, T. (2017). Pemanfaatan Simbiosis Mikroalga *Chlorella* sp dan EM4 untuk Menurunkan Kadar Polutan Limbah Cair Sagu. *Jom FAPERTA*, 4(1) :1–13.
- Soeprbowati, T. R., Juaidi, & Nugraha, winardi D. (2013). Pengembangan High Algal Pond

(HRAP) Di Rawapening Untuk Remediasi Nutrien. *Workshop Penyelamatan Ekosistem Danau Rawa Pening*, 51–56.

Sukadarti, S., Wahyu Murni, S., & Azimatun Nur, M. M. (2016). Peningkatan Phycocyanin pada *Spirulina Platensis* dengan Media Limbah Virgin Coconut Oil pada Photobioreactor Tertutup. *Eksergi*, 13(2), 1.

Zairinayati, Z. R., & Shatriadi, H. (2019). Biodegradasi Fosfat pada Limbah Laundry menggunakan Bakteri Consorsium Pelarut Fosfat. *Jurnal Kesehatan Lingkungan Indonesia*, 18(1): 57–61.