

Efektivitas *Free Floating Wetland* Tanaman Kiambang (*Salvinia Molesta*) dengan Penambahan EM4 dalam Pengolahan Limbah Laundry Pada Kondisi *Anoxic–Oxic*

Icha Ayoe Bilbina*, Mohamad Mirwan

Program Studi Teknik Lingkungan, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jawa Timur, Surabaya

*Koresponden email: ichaayoe05@gmail.com

Diterima: 14 Agustus 2025

Disetujui: 18 Agustus 2025

Abstract

Laundry wastewater contains organic matter and detergents that have the potential to pollute the environment if not properly treated. One environmentally friendly method to address this problem is the free floating wetland (FFW) system, which utilizes aquatic plants and microorganisms. This study aimed to evaluate the effectiveness of water lettuce (*Salvinia molesta*) combined with 5% Effective Microorganisms 4 (EM4) in reducing Chemical Oxygen Demand (COD) and surfactants, as well as increasing Dissolved Oxygen (DO) levels in laundry wastewater. The experimental design consisted of two treatments: FFW with and without EM4 addition, over a 5-day retention time divided into an anoxic phase (day 0 to day 2) and an oxic phase (day 3 to day 5). The results showed that the combination of water lettuce and 5% EM4 was able to reduce COD by up to 80.9% and surfactants by 65%, while increasing DO to 5.02 mg/L. This success is attributed to the root system of the water lettuce, which enhances oxygenation in the rhizosphere zone, thus supporting the growth and activity of aerobic microorganisms. FFW based on water lettuce with EM4 addition has the potential to be an effective, sustainable, and environmentally friendly laundry wastewater treatment technology.

Keywords: *cod, do, em4, free floating wetland, kiambang, laundry wastewater, surfactans*

Abstrak

Limbah laundry mengandung bahan organik dan deterjen yang berpotensi mencemari lingkungan jika tidak diolah dengan baik. Salah satu metode ramah lingkungan untuk mengatasi masalah ini adalah sistem *free floating wetland* (FFW) berbasis tanaman air dan mikroorganisme. Penelitian ini bertujuan mengevaluasi efektivitas tanaman kiambang (*Salvinia molesta*) dengan penambahan *Effective Microorganisms 4* (EM4) sebesar 5% dalam menurunkan kadar *Chemical Oxygen Demand* (COD) dan surfaktan, serta meningkatkan kadar *Dissolved Oxygen* (DO) pada limbah laundry. Rancangan percobaan menggunakan dua perlakuan, yaitu FFW dengan dan tanpa penambahan EM4, selama waktu tinggal 5 hari yang dibagi menjadi fase anoxic (hari ke-0 hingga ke-2) dan oxic (hari ke-3 hingga ke-5). Hasil penelitian menunjukkan bahwa kombinasi kiambang dan EM4 5% mampu menurunkan COD hingga 80,9% dan surfaktan sebesar 65%, serta meningkatkan DO menjadi 5,02 mg/L. Keberhasilan ini disebabkan oleh sistem perakaran kiambang yang meningkatkan oksigenasi di zona rhizosfer, sehingga mendukung pertumbuhan dan aktivitas mikroorganisme aerobik. FFW berbasis kiambang dengan penambahan EM4 berpotensi menjadi teknologi pengolahan limbah laundry yang efektif, berkelanjutan, dan ramah lingkungan.

Kata Kunci: *cod, do, em4, free floating wetland, kiambang, limbah laundry, surfaktan*

1. Pendahuluan

Peningkatan aktivitas manusia secara terus-menerus menghasilkan limbah yang dalam jumlah besar, dapat menyebabkan pencemaran lingkungan. Salah satu bentuk pencemaran yang umum terjadi di Indonesia adalah pencemaran air akibat pembuangan limbah tanpa pengolahan yang memadai. Pencemaran ini berdampak negatif terhadap biota air, kesehatan manusia, kualitas air tanah, dan estetika lingkungan. Salah satu sumber pencemar yang berkembang pesat dalam beberapa tahun terakhir adalah industri laundry, baik dalam skala rumah tangga maupun komersial. Proses pencucian pakaian menghasilkan limbah cair yang mengandung fosfat, surfaktan, bahan organik, serta senyawa kimia lain yang dapat memicu eutrofikasi, menurunkan kadar oksigen terlarut, dan membahayakan ekosistem perairan [1].

Pengolahan limbah cair dapat dilakukan melalui metode fisik, kimia, maupun biologi. Namun, sebagian besar metode konvensional membutuhkan biaya tinggi, penggunaan bahan kimia tambahan, dan

konsumsi energi besar. Oleh karena itu, metode berbasis ekoteknologi seperti fitoremediasi menjadi alternatif ramah lingkungan dan berkelanjutan. Fitoremediasi memanfaatkan kemampuan alami tanaman air untuk menyerap, menguraikan, atau menstabilkan polutan, dengan dukungan mikroorganisme di zona perakaran. Salah satu tanaman air yang potensial adalah kiambang (*Salvinia molesta*), yang memiliki sistem perakaran menggantung dan luas, sehingga memungkinkan kontak maksimal dengan air limbah dan menyediakan habitat bagi mikroba perombak polutan. Penelitian sebelumnya menunjukkan kiambang efektif dalam menurunkan kandungan nutrisi dan senyawa organik, termasuk orthofosfat dari deterjen [2].

Efektivitas sistem *free floating wetland* (FFW) berbasis kiambang dapat ditingkatkan dengan penambahan *Effective Microorganisms 4* (EM4), campuran mikroba menguntungkan seperti *Lactobacillus sp.*, *Actinomycetes*, dan *Rhodospseudomonas sp.* yang mampu mempercepat degradasi bahan organik dan meningkatkan kualitas air [3]. Penelitian terkait penggunaan EM4 untuk pengolahan limbah cair, diketahui dapat menurunkan kandungan COD hingga 86,6% pada waktu tinggal 216 jam [4]. Kombinasi tanaman kiambang dan EM4 dalam pengaturan kondisi *anoxic-oxic* diharapkan dapat mengoptimalkan proses penurunan *Chemical Oxygen Demand* (COD), Surfaktan, dan meningkatkan *Dissolved Oxygen* (DO) secara efektif. Dengan pendekatan ini, sistem FFW berbasis kiambang dan EM4 berpotensi menjadi teknologi pengolahan limbah laundry yang efisien, berbiaya rendah, dan ramah lingkungan, sekaligus mendukung upaya pelestarian sumber daya air.

2. Metode Penelitian

Lokasi Penelitian

Sampel air limbah diambil dari salah satu usaha laundry di Surabaya Timur menggunakan metode grab sampling sesuai SNI 6989.59:2008. Metode ini merepresentasikan kondisi aktual limbah pada saat pengambilan. Parameter awal yang diukur meliputi pH, suhu, *Chemical Oxygen Demand* (COD), deterjen (MBAS), dan *Dissolved Oxygen* (DO). Nilai hasil pengukuran dibandingkan dengan baku mutu limbah laundry berdasarkan Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 72 Tahun 2013.

Desain Penelitian

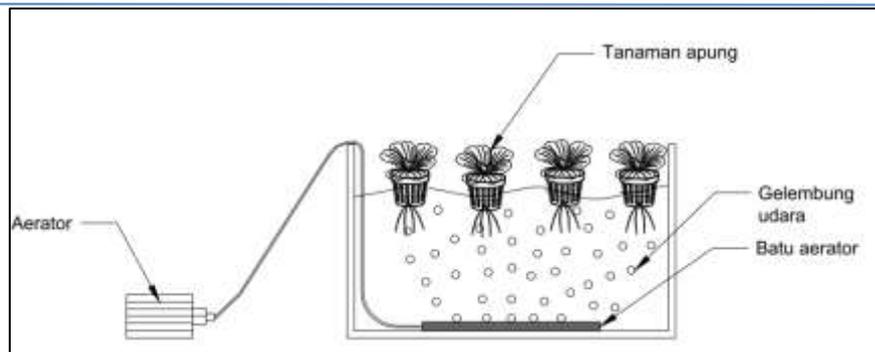
Desain penelitian ini meliputi beberapa tahap utama, yaitu aktivasi EM4, aklimatisasi tanaman, uji pendahuluan (*Range Finding Test*), dan pelaksanaan percobaan utama. Penelitian ini menggunakan metode *experimental laboratory scale* dengan sistem *free floating wetland* (FFW) berbasis tanaman kiambang (*Salvinia molesta*) dan penambahan *Effective Microorganisms 4* (EM4) sebesar 5%. Aktivasi EM4 dilakukan untuk meningkatkan jumlah mikroorganisme efektif sebelum diaplikasikan ke sistem, dengan proses fermentasi menggunakan larutan gula merah selama 5–7 hari hingga pH < 4, aroma khas asam manis, dan terbentuk lapisan putih pada permukaan larutan.

Tahap aklimatisasi tanaman kiambang (*Salvinia molesta*) dilakukan selama 7 hari menggunakan air PDAM untuk memastikan adaptasi terhadap kondisi lingkungan percobaan dan menghilangkan potensi cemaran dari habitat asalnya. Selanjutnya, dilakukan *Range Finding Test* untuk menentukan konsentrasi limbah laundry yang sesuai dengan toleransi tanaman dan mikroorganisme, sehingga dapat meminimalkan risiko kematian awal. Tahap RFT menggunakan variasi konsentrasi air limbah yaitu 25%, 50%, 75% dan 100%.

Percobaan utama menggunakan sistem *Free Floating Wetland* (FFW) yang dioperasikan selama 5 hari dengan pembagian fase *anoxic* (hari ke-0 sd ke-2) dan *oxic* (hari ke-3 sd ke-5). Parameter yang diamati meliputi penurunan COD, Surfaktan, dan peningkatan DO, untuk mengevaluasi efektivitas kiambang dan EM4 dalam pengolahan limbah laundry.

Pada penelitian ini, reaktor FFW menggunakan *container box* berkapasitas 15 L dengan ukuran 37 cm × 25 cm × 22 cm yang dilengkapi netpot sebagai penyangga tanaman dan aerator untuk suplai oksigen. Terdapat dua perlakuan, yaitu:

- a). Reaktor FFW 1 : Tanaman Kiambang
- b). Reaktor FFW 2 : Tanaman Kiambang + EM4 5%



Gambar 1. Desain Reaktor Penelitian
Sumber: Data Penelitian, 2025

3. Hasil dan Pembahasan

Hasil Uji Karakteristik Awal Air Limbah Laundry

Air limbah yang digunakan berasal dari outlet pembuangan sebagai titik akhir sebelum dibuang ke saluran air. Limbah ini termasuk *grey water* yang umumnya mengandung surfaktan, senyawa organik, fosfat, dan padatan tersuspensi dari bahan kimia pencuci seperti deterjen, pelembut, pewangi, dan pemutih. Sebelum pengolahan, dilakukan uji awal parameter kualitas air untuk mengetahui tingkat pencemaran, yang hasilnya dibandingkan dengan baku mutu air limbah domestik sesuai Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 Tahun 2013. Hasil uji awal disajikan pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Hasil Uji Awal Karakteristik Limbah Laundry

No.	Parameter	Satuan	Hasil Uji Awal	Baku Mutu	Sumber
1.	DO	mg/L	3,35	-	Pergub Jatim
2.	COD	mg/L	313,3	250	No.72 Tahun
3.	Surfaktan	mg/L	13,6	10	2013

Sumber: Data Peneliti, 2025

Hasil Tahap Aktivasi EM4

Aktivasi EM4 adalah proses mempersiapkan larutan *Effective Microorganisms 4* (EM4) agar jumlah mikroorganisme aktif meningkat dan lebih efektif dalam mendegradasi senyawa organik. Aktivasi dilakukan dengan mencampurkan EM4, aquadest, dan sumber karbon seperti molase atau gula merah cair hingga mencapai konsentrasi 5% atau 1:20, lalu didiamkan 5–7 hari untuk fermentasi [3]. EM4 yang sudah aktif ini ditandai dengan pH > 4, aroma khas asam manis menyerupai glukosa atau molase, serta terbentuknya lapisan putih di permukaan larutan, yang menandakan mikroorganisme telah berkembang biak dan siap digunakan.

Hasil Tahap Aklimatisasi Tanaman

Aklimatisasi Tanaman dilakukan selama 7 hari menggunakan air PDAM untuk meminimalkan stres fisiologis sebelum terpapar limbah laundry. Proses ini bertujuan memastikan tanaman berada dalam kondisi sehat dan stabil saat diaplikasikan pada sistem *Free Floating Wetland* (FFW). Tanaman kiambang (*Salvinia molesta*) yang dipilih memiliki ukuran seragam dan kondisi fisik baik, kemudian ditempatkan dalam wadah berisi ±10 L air PDAM di area terbuka dengan pencahayaan alami, namun terlindung dari hujan langsung. Hasil pengamatan menunjukkan tanaman beradaptasi dengan baik, ditandai daun berwarna hijau cerah hingga hijau tua, akar aktif, daya apung stabil, serta tidak ditemukan gejala klorosis, nekrosis, atau pertumbuhan jamur. Kondisi ini mengindikasikan keberhasilan aklimatisasi dan kesiapan tanaman untuk tahap pengolahan limbah.

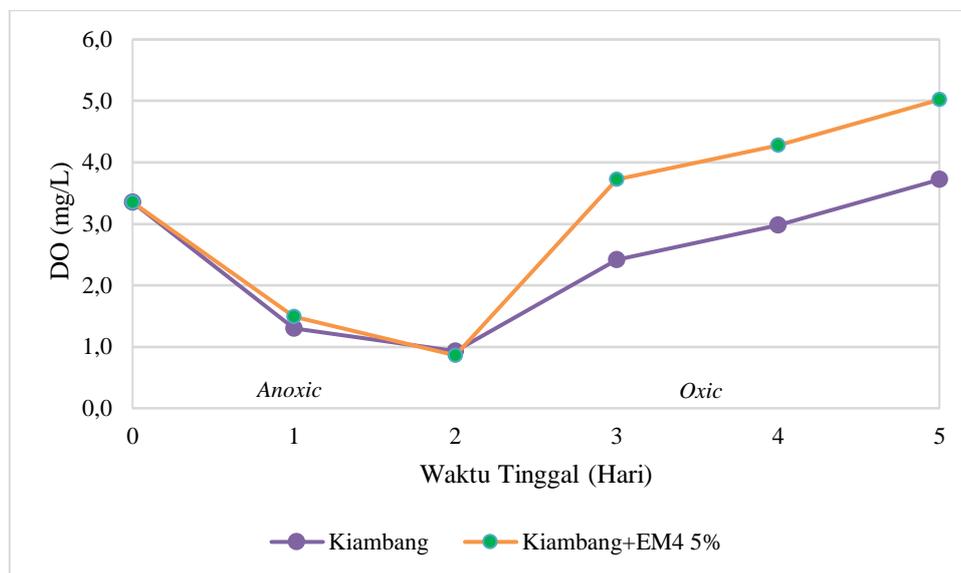
Hasil Tahap Range Finding Test (RFT)

Range Finding Test (RFT) dilakukan untuk menentukan batas konsentrasi limbah laundry yang masih dapat ditoleransi tanaman tanpa menimbulkan kerusakan signifikan. Pengujian menggunakan bak plastik 8 L berisi 5 L campuran air limbah dan air PDAM dengan variasi konsentrasi 25%, 50%, 75%, dan 100%. Hasil pengamatan selama 5 hari menunjukkan bahwa pada 25% konsentrasi, kedua jenis tanaman mampu beradaptasi dengan baik, ditandai warna daun tetap hijau, daya apung stabil, dan aktivitas akar normal, meskipun mulai muncul gejala stres ringan seperti klorosis pada daun luar. Sebaliknya, pada konsentrasi 50–100%, tanaman mengalami stres berat, ditandai klorosis, daun menggulung, nekrosis tepi,

pertumbuhan terhenti, penurunan aktivitas akar, serta sebagian tanaman tenggelam. Kondisi ini menunjukkan bahwa konsentrasi di atas 25% kurang ideal untuk tahap awal fitoremediasi.

Pengaruh Jenis Tanaman, Penambahan EM4 5% dan Waktu Tinggal Terhadap Parameter DO

Pengujian parameter *Dissolved Oxygen* (DO) dilakukan untuk mengevaluasi perubahan kandungan oksigen terlarut dalam air limbah selama proses pengolahan menggunakan sistem *Free Floating Wetland* (FFW) dengan tanaman Kiambang (*Salvinia molesta*). Penelitian ini menggunakan dua unit reaktor batch FFW, masing-masing dengan perlakuan penambahan EM4 5% dan tanpa EM4 5%. Setiap reaktor dioperasikan selama 5 hari, dengan pengaturan kondisi *anoxic* pada hari ke-0, 1, dan 2, serta kondisi *oxic* pada hari ke-3, 4, dan 5. Air limbah yang digunakan merupakan limbah laundry yang telah diencerkan berdasarkan hasil uji pendahuluan (*Range Finding Test*), dengan konsentrasi terpilih 25% sebagai batas tertinggi yang masih dapat ditoleransi Kiambang tanpa menimbulkan gejala toksik berat. Pengambilan sampel dilakukan secara periodik, dan analisis parameter kualitas air mengikuti metode baku dari Standar Nasional Indonesia (SNI). Hasil pengukuran DO kemudian disajikan dalam bentuk grafik untuk memperlihatkan tren perubahan selama waktu tinggal, sehingga dapat diinterpretasikan pengaruh penambahan EM4 terhadap efektivitas Kiambang dalam meningkatkan kadar oksigen terlarut. Adapun hasil analisis kadar DO selama masa penelitian dapat dilihat pada **Gambar 2**.



Gambar 2. Grafik Pengaruh Jenis Tanaman, Penambahan EM4 5% dan Waktu Tinggal Terhadap Parameter DO

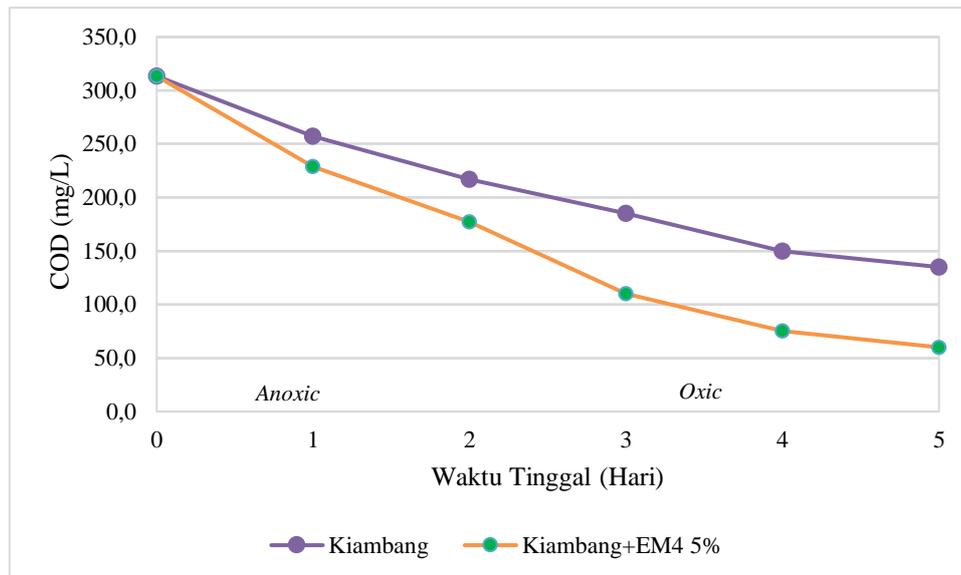
Berdasarkan grafik di atas, pengolahan limbah laundry menggunakan sistem *Free Floating Wetland* (FFW) dengan tanaman kiambang (*Salvinia molesta*) menunjukkan peningkatan kadar oksigen terlarut (DO) yang signifikan, terutama pada fase *oxic* (hari ke-3 hingga ke-5). Sistem *wetland* dengan tanaman air dapat meningkatkan DO melalui fotosintesis dan transport oksigen ke zona akar [5]. Tanaman dapat melepaskan oksigen dari akar ke lingkungan sekitar (*root oxygen release*), namun besarnya oksigen yang dilepaskan tergantung pada intensitas cahaya dan kondisi suhu yang memengaruhi laju fotosintesis tanaman. Mekanisme ini menyediakan oksigen langsung ke zona air di sekitar akar, mendukung kondisi aerobik lokal [6]. Morfologi akar kiambang yang kompleks dan luas permukaan daun yang lebar memberikan area optimal untuk fotosintesis dan pelepasan oksigen ke air, sehingga meningkatkan DO di sekitar zona perakaran. Tanaman *wetland* memainkan beberapa peran penting yaitu akar dan rimpang yang menyediakan tempat melekat bagi biofilm mikroba, sehingga meningkatkan aktivitas biologis [7].

Penambahan EM4 5% pada perlakuan kiambang menghasilkan peningkatan DO yang lebih tinggi dibandingkan tanpa EM4, dengan nilai tertinggi tercatat sebesar 5,02 mg/L pada hari ke-5. Hal ini disebabkan oleh aktivitas mikroorganisme dalam EM4 yang berperan dalam proses biodegradasi senyawa organik, sehingga terjadi peningkatan konsumsi substrat organik dan stimulasi aktivitas metabolik yang membutuhkan oksigen, yang pada akhirnya berkontribusi terhadap peningkatan DO [8]. Waktu tinggal juga memengaruhi kinerja kiambang, di mana DO cenderung rendah pada fase *anoxic* akibat terbatasnya suplai oksigen, namun meningkat signifikan pada fase *oxic* karena kombinasi fotosintesis tanaman dan suplai oksigen terlarut. Secara keseluruhan, penggunaan kiambang dengan tambahan EM4 pada kondisi *oxic* dan

waktu tinggal yang optimal mampu meningkatkan kadar DO secara efektif sekaligus mendukung proses bioremediasi limbah laundry.

Pengaruh Jenis Tanaman, Penambahan EM4 5% dan Waktu Tinggal Terhadap Parameter COD

Berdasarkan grafik **Gambar 3**, hasil menunjukkan bahwa baik jenis tanaman maupun terdapat penambahan EM4 memberikan pengaruh signifikan terhadap penurunan nilai COD (*Chemical Oxygen Demand*). Pada kondisi awal (hari ke-0), konsentrasi COD di semua reaktor berkisar di angka 313,3 mg/L. Namun, seiring waktu tinggal meningkat hingga hari ke-5, terjadi penurunan COD secara bertahap di seluruh perlakuan. Reaktor dengan kombinasi tanaman dan EM4 cenderung menunjukkan penurunan COD yang lebih cepat dan lebih tinggi dibanding reaktor dengan tanaman saja.



Gambar 3. Grafik Pengaruh Jenis Tanaman, Penambahan EM4 5% dan Waktu Tinggal Terhadap Parameter COD

Hasil penelitian menunjukkan bahwa tanaman Kiambang (*Salvinia molesta*) mampu menurunkan kadar COD limbah laundry secara efektif, baik tanpa maupun dengan penambahan EM4 5%. Pada reaktor dengan Kiambang saja, penurunan COD berlangsung stabil dari 313,3 mg/L menjadi 135 mg/L pada hari ke-5, yang dipengaruhi oleh transisi kondisi *anoxic* (hari ke-0–2) menuju *oxic* (hari ke-3–5). Pada fase *oxic*, aktivitas mikroba aerob meningkat karena suplai oksigen dari fotosintesis Kiambang dan aerasi eksternal, sementara oksigen yang ditranspor ke zona akar mendukung pertumbuhan bakteri aerob rhizosfer untuk mendegradasi senyawa organik. Eksudat akar juga menyediakan nutrisi bagi mikroba, dan biofilm pada akar membantu menyaring serta mendegradasi bahan organik [9].

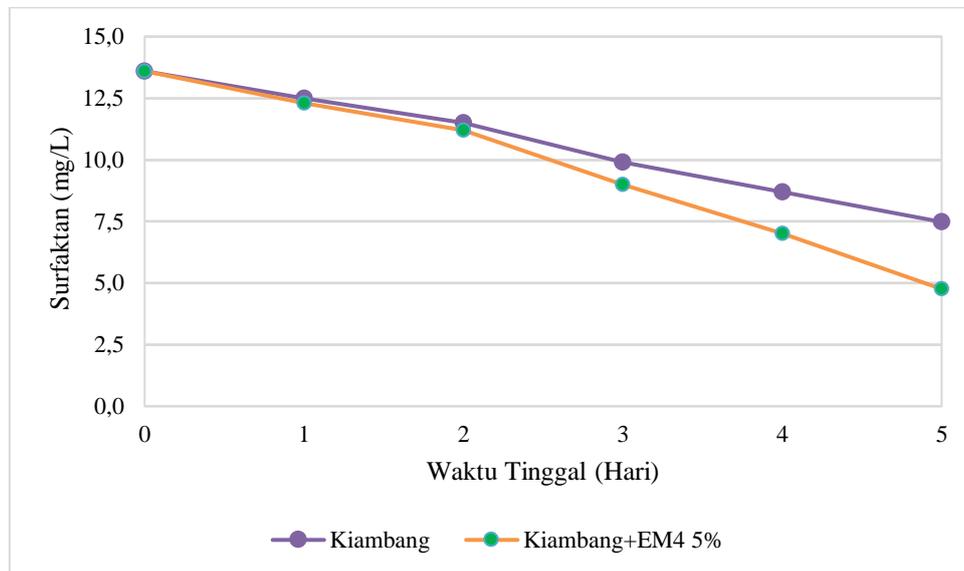
Efektivitas penurunan COD meningkat signifikan pada reaktor Kiambang + EM4 5%, dengan konsentrasi akhir 60 mg/L pada hari ke-5. Kombinasi ini mempercepat biodegradasi karena mikroorganisme dalam EM4, seperti *Lactobacillus sp.* dan *Saccharomyces sp.*, memecah senyawa organik kompleks menjadi bentuk sederhana yang lebih mudah diuraikan. Interaksi sinergis antara mikroba EM4, aerasi, dan permukaan akar tanaman Kiambang yang luas menciptakan lingkungan optimal bagi degradasi senyawa organik. Peningkatan waktu tinggal terbukti memperkuat kinerja sistem, terutama pada fase *oxic*, sehingga proses bioremediasi oleh Kiambang, khususnya dengan EM4, menjadi lebih cepat dan efisien.

Perlakuan dengan kombinasi tanaman dan penambahan EM4 menunjukkan penurunan COD yang lebih cepat dan efisien, terutama setelah hari ke-3, yang menandai transisi ke fase *oxic*. Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan waktu tinggal dalam sistem FFW memberikan kesempatan yang lebih besar bagi proses biologis dan fitoremediasi untuk bekerja secara optimal dalam menurunkan beban pencemar. Secara umum, hasil ini menunjukkan bahwa semakin lama waktu tinggal, terutama ketika disertai dengan suplai oksigen eksternal dan kehadiran mikroorganisme aktif, maka kadar COD dalam sistem akan semakin mengalami penurunan. Ini menjadi indikator bahwa proses bioremediasi berjalan dengan lebih efektif pada waktu tinggal yang lebih panjang dan dalam kondisi *oxic*.

Pengaruh Jenis Tanaman, Penambahan EM4 5% dan Waktu Tinggal Terhadap Parameter Surfaktan

Berdasarkan grafik **Gambar 4**, hasil menunjukkan bahwa penurunan kadar Surfaktan seiring waktu tinggal selama 5 hari, dengan perlakuan menggunakan tanaman kayu apu dan kiambang, baik tanpa maupun

dengan penambahan EM4 5%. Penurunan kadar deterjen dipengaruhi secara signifikan oleh variabel-variabel tersebut. Pada kondisi awal, konsentrasi Surfaktan di semua reaktor berkisar di angka 13,6 mg/L. Namun, seiring waktu tinggal meningkat hingga hari ke-5, terjadi penurunan Surfaktan secara bertahap di seluruh perlakuan. Reaktor dengan kombinasi tanaman dan EM4 cenderung menunjukkan penurunan Surfaktan yang lebih cepat dan lebih tinggi dibanding reaktor dengan tanaman saja.



Gambar 4. Grafik Pengaruh Jenis Tanaman, Penambahan EM4 5% dan Waktu Tinggal Terhadap Parameter Surfaktan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa tanaman Kiambang (*Salvinia molesta*) memiliki kemampuan signifikan dalam menurunkan konsentrasi Surfaktan pada sistem *free floating wetland*. Reaktor dengan Kiambang saja mampu menurunkan kadar deterjen sebesar 45% pada hari ke-5 dengan konsentrasi akhir 7,48 mg/L, sedangkan kombinasi Kiambang + EM4 5% menunjukkan kinerja lebih tinggi dengan penurunan 65% dan hasil akhir 4,76 mg/L.

Mekanisme penurunan ini terjadi melalui proses fitoakumulasi, di mana senyawa Surfaktan diserap oleh akar tanaman dan ditranslokasikan ke bagian tanaman lain [10]. Selain itu, penurunan senyawa surfaktan juga dipengaruhi oleh interaksi simbiotik antara tanaman air dengan mikroorganisme yang hidup di zona akar atau *rhizosfer* [11]. Eksudat akar juga membantu mempertahankan koloni mikroba dengan menyediakan nutrisi [12]. Senyawa surfaktan organik dapat diuraikan secara biologis oleh mikroba yang hidup pada permukaan atau struktur tanaman, mengubah menjadi bentuk yang lebih mudah diakumulasi atau diassimilasikan oleh tanaman [13].

Penambahan EM4, yang mengandung konsorsium mikroba fermentatif dan sintetik seperti *Lactobacillus sp.*, *Saccharomyces sp.*, dan *Pseudomonas sp.*, mempercepat biodegradasi surfaktan LAS. Mikroba-mikroba ini mampu menghasilkan enzim-enzim spesifik seperti oksidase dan sulfonatase yang berfungsi untuk memecah rantai alkil dan cincin aromatik pada molekul surfaktan termasuk enzim desulphonase yang memecah gugus sulfonat menjadi sulfite, serta enzim-enzim yang terlibat dalam jalur β -oksidasi [14]. Proses biodegradasi senyawa surfaktan oleh mikroorganisme berlangsung dalam tiga tahap utama yaitu ω -oksidasi, β -oksidasi dan oksidasi cincin benzena menjadi senyawa sederhana yang tidak toksik [15]. Pada fase awal, kondisi *anoxic* mendukung aktivitas mikroba fermentatif dalam menghasilkan asam lemak volatil yang kemudian dimanfaatkan oleh mikroba aerob pada fase *oxic*, dibantu oleh suplai oksigen dari fotosintesis tanaman Kiambang. Sinergi antara struktur akar Kiambang yang halus dan luas dengan mikroorganisme EM4 menciptakan lingkungan optimal bagi degradasi senyawa surfaktan, menghasilkan laju penurunan yang lebih cepat dan efisien dibandingkan penggunaan tanaman saja.

4. Kesimpulan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kombinasi tanaman Kiambang (*Salvinia molesta*) dengan penambahan EM4 dalam sistem *free floating wetland* mampu memperbaiki kualitas limbah laundry secara signifikan. Peningkatan kadar DO selama proses menunjukkan adanya sinergi antara fotosintesis tanaman Kiambang dan aktivitas mikroorganisme pada EM4 yang berperan dalam meningkatkan ketersediaan oksigen terlarut. Penurunan COD yang cukup besar menegaskan peran tanaman Kiambang dalam menyerap

beban organik, sementara mikroorganisme EM4 mempercepat degradasi senyawa organik kompleks menjadi senyawa sederhana. Selain itu, konsentrasi surfaktan juga menurun secara bertahap, menandakan kemampuan sistem ini dalam menguraikan surfaktan anionik. Secara keseluruhan, kombinasi tanaman Kiambang dan EM4 efektif dalam menurunkan beban pencemar organik dan surfaktan sekaligus meningkatkan kualitas oksigen terlarut, sehingga layak diaplikasikan untuk pengolahan limbah laundry skala kecil hingga menengah.

5. Referensi

- [1] P. Ardiyanto and M. G. C. Yuantari, "1. Analisis Limbah Laundry Informal Dengan Tingkat Pencemaran Lingkungan Di Kelurahan Muktiharjo Kidul Kecamatan Pedurungan Semarang," *Jukung (Jurnal Tek. Lingkungan)*, vol. 2, no. 1, pp. 1–12, 2016, doi: 10.20527/jukung.v2i1.1055.
- [2] V. R. W. Rawung, P. R. R. I. Montong, G. D. Lenzun, and M. T. R. Lopian, "Fitoremediasi Tanaman Kiambang (*Salvinia molesta*) pada Pengolahan Limbah Cair Peternakan Babi," *Zootec*, vol. 44, no. 1, pp. 131–138, 2024.
- [3] K. A. Fitria, I. Nurhayati, and J. Sutrisno, "Penurunan Chemical Oxygen Demand (COD) Dan Fosfat (PO 4 -P) Limbah Laundry Menggunakan EM 4 dan Mikroalga Spirulina sp.," vol. 15, pp. 31–44, 2023.
- [4] K. L. Sari, Z. A. As, and Hardiono, "Penurunan Kadar BOD, COD dan TSS Pada Limbah Tahu Menggunakan Effective Microorganism-4 (EM4) Secara Aerob," *J. Kesehat. Lingkung.*, vol. 14, 2017, [Online]. Available: http://scioteca.caf.com/bitstream/handle/123456789/1091/RED2017-Eng-8ene.pdf?sequence=12&isAllowed=y%0Ahttp://dx.doi.org/10.1016/j.regsciurbeco.2008.06.005%0Ahttps://www.researchgate.net/publication/305320484_Sistem_Pembetulan_Terpusat_Strategi_Melestari.
- [5] S. Rezanía *et al.*, "The efficient role of aquatic plant (water hyacinth) in treating domestic wastewater in continuous system," *Int. J. Phytoremediation*, vol. 18, no. 7, pp. 679–685, 2016, doi: 10.1080/15226514.2015.1130018.
- [6] F. Rehman *et al.*, "Optimal root oxygen release from two macrophytes *Saururus cernuus* L. and *Pistia stratiotes* L. varies with light and temperature in simulated constructed wetlands microcosms," *Rhizosphere*, vol. 26, p. 100697, Apr. 2023, doi: 10.1016/j.rhisph.2023.100697.
- [7] G. Dotro *et al.*, *Treatment Wetlands: Volume Seven*, vol. 7. 2017.
- [8] M. M. El Shafei, E. M. A. Elmoteleb, and M. M. El, "Investigate The Effect Of Effective Microorganism (EM) On Improving The Quality Of Sewage Water From Al-Gabal Al-Asfar Area," pp. 1–9, 2017.
- [9] A. G. Ilmannafian, M. Kiptiah, and M. I. Darmawan, "The effectiveness of filtration and phytoremediation with combination of aquatic plants in wastewater treatment of Sasirangan industry The effectiveness of filtration and phytoremediation with combination of aquatic plants in wastewater treatment of Sasir," *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, 2021, doi: 10.1088/1755-1315/926/1/012042.
- [10] Irhamni, Pandia S., Edison Purba, and Wirsal Hasan. "Kajian akumulator beberapa tumbuhan air dalam menyerap logam berat secara fitoremediasi." *Jurnal Serambi Engineering* 1.2 (2017): 75-84
- [11] N. Hendrasarie and C. Redina, "Ability of Water Lettuce (*Pistia stratiotes*) And Water Hyacinth (*Eichhornia crassipes*) To Remove Methylene Blue Anionic Surfactant (MBAS) From Detergent Wastewater," *Nat. Environ. Pollut. Technol.*, vol. 22, no. 4, pp. 1961–1970, 2023, doi: 10.46488/NEPT.2023.v22i04.022.
- [12] V. Vives-Peris, C. de Ollas, A. Gómez-Cadenas, and R. M. Pérez-Clemente, "Root exudates: from plant to rhizosphere and beyond," *Plant Cell Rep.*, vol. 39, no. 1, pp. 3–17, 2020, doi: 10.1007/s00299-019-02447-5.
- [13] T. W. Federle and R. M. Ventullo, "Mineralization of surfactants by the microbiota of submerged plant detritus," *Appl. Environ. Microbiol.*, vol. 56, no. 2, pp. 333–339, Feb. 1990, doi: 10.1128/aem.56.2.333-339.1990.
- [14] A. J. Willetts and R. B. Cain, "Microbial metabolism of alkylbenzenesulphonates.," *Biochem. J.*, vol. 120, no. 4, pp. 389–402, 1970, doi: 10.1042/bj1200028pa.
- [15] Q. Wu, L. Zhao, R. Song, and A. Ma, "Research progress of surfactant biodegradation," *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, 2019, doi: 10.1088/1755-1315/227/5/052023.