

# Identifikasi Pengaruh *Constructed Wetland* dalam Menurunkan Kandungan Mikroplastik Pada Air Lindi

Rania Ichdatunnisa\*, Raden Kokoh Haryo Putro

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

\*Koresponden email: raniaichdatunn321@gmail.com

Diterima: 17 Februari 2025

Disetujui: 3 Maret 2025

## Abstract

With the increasing use of various types of single-use plastics, plastic waste is piling up in landfills. The degradation process of plastic causes plastic waste to become small pieces, namely microplastics, which will be absorbed into leachate channels and disposed into the environment if not treated. The entry of microplastics into the ecosystem, especially in the food sources we consume, will have a harmful impact on human health, such as cancer, respiratory disorders, and more. Subsurface Flow Constructed Wetland (SSF-CW) treatment is used to reduce the microplastic content in leachate. Microplastics were found in every sample, but SSF-CW with plants resulted in a better reduction of microplastics than without plants, which was able to reduce 72% of the microplastics from the initial total in the influent. The forms of microplastics found were fibers and filaments, with fiber-shaped microplastics being the dominant form found. The sizes of the microplastics found in this study ranged from 5 mm - 0.1 mm, and in the two samples, most microplastics were found to be 0.5 mm - 0.1 mm. Thus, leachate treatment with constructed wetlands can reduce the microplastic content in leachate, and the plants play an active role in retention, physical filtration and adsorption of microplastics.

**Keywords:** *microplastics, constructed wetland, leachate, landfill, aquatic plant*

## Abstrak

Dengan semakin meningkatnya penggunaan bermacam jenis plastik sekali pakai, sampah plastik pun ikut menumpuk di TPA. Terjadinya proses degradasi menyebabkan sampah plastik menjadi potongan kecil yaitu mikroplastik, yang akan terserap ke saluran air lindi dan terbuang ke lingkungan apabila tidak diolah. Masuknya mikroplastik ke ekosistem, terutama pada sumber makanan yang kita konsumsi, akan berdampak bahaya bagi kesehatan manusia, seperti kanker, gangguan pernapasan, dan lainnya. Pengolahan *Subsurface Flow Constructed Wetland* (SSF-CW) digunakan untuk menurunkan kandungan mikroplastik pada air lindi. Mikroplastik ditemukan disetiap sampel, namun SSF-CW dengan tanaman menghasilkan penurunan mikroplastik lebih baik dibandingkan tanpa tanaman, yaitu dapat menurunkan 72% mikroplastik dari total awal pada *influent*. Bentuk mikroplastik yang ditemukan adalah fiber dan filamen, dengan mikroplastik bentuk fiber yang dominan ditemukan. Ukuran mikroplastik yang ditemukan pada penelitian ini berkisar dari 5 mm - 0,1 mm, dan pada kedua sampel yang paling banyak ditemukan mikroplastik berukuran 0,5 mm - 0,1 mm. Sehingga, pengolahan air lindi dengan *constructed wetland* dapat menurunkan kandungan mikroplastik dalam air lindi, dan tanaman ikut berperan aktif dalam retensi, filtrasi fisik, dan adsorpsi mikroplastik.

**Kata Kunci:** *mikroplastik, constructed wetland, air lindi, tpa, tumbuhan air*

## 1. Pendahuluan

Sampah termasuk masalah yang besar di Indonesia, dengan jumlah penduduknya yang beragam dan terus bertambah, timbulan sampah di Indonesia menyaksikan lonjakan yang diakibatkan oleh urbanisasi dan perubahan pola konsumsi masyarakat. Akibat pertumbuhan jumlah penduduk yang meningkat, maka tingkat pola konsumsi dan gaya hidup dari masyarakat pun ikut berubah, hal ini menyebabkan meningkatnya jumlah timbulan sampah. Penggunaan bahan kemasan, plastik sekali pakai, dan sampah elektronik pun turut memicu masalah persampahan di Indonesia. Pada tahun 2023, Indonesia menghasilkan hingga 42 juta ton sampah, dengan sampah plastik menyumbang sekitar 19% dari total sampah tersebut [1].

Dengan meningkatnya jumlah sampah yang dihasilkan oleh penduduk Indonesia, maka pengumpulan sampah yang benar sangat penting dilakukan untuk menghindari pencemaran lingkungan masyarakat. Di Indonesia, TPA adalah tempat pengelolaan sampah akhir, sampah yang dihasilkan akan berakhir di TPA. *Sanitary Landfill* adalah salah satu sistem pengelolaan sampah yang umum dimanfaatkan di Indonesia. Tempat Pemrosesan Akhir (TPA), menurut Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 18

Tahun 2008 Tentang Pengelolaan Sampah [2], adalah sebuah tempat dimana sampah yang dihasilkan mencapai tahap akhir dalam proses pengelolaannya.

Sistem pengelolaan sampah Sanitary Landfill menggunakan cara pembuangan sampah dengan cara ditimbun pada lokasi yang cekung, sampah yang dibuang dan ditimbun kemudian dipadatkan dan ditutup dengan tanah. Sampah yang dibuang ke Sanitary Landfill akan menghasilkan cairan akibat perkolasi air hujan melalui lapisan sampah, yang disebut lindi. Lindi mengandung campuran polutan yang kompleks, termasuk bahan organik, logam berat, serta bahan kimia berbahaya. Dan sampah plastik yang terdegradasi pun akan ikut terhanyut dengan air hujan dan pada akhirnya memasuki air lindi, sehingga air lindi apabila tidak dilakukan pengolahan akan berpotensi menjadi ancaman bagi lingkungan sekitar.

Sampah plastik yang terkumpul di TPA akan melalui proses degradasi menjadi partikel yang lebih kecil, atau disebut mikroplastik. Proses degradasi polimer plastik ada 2 cara utama, yaitu biotik dan abiotik [3]. Pada TPA umumnya terjadi lima tahap pengolahan sampah yang mempercepat penguraian dan degradasi sampah plastik, yaitu a) tahap biodegradasi aerobik, b) tahap peralihan dari kondisi aerobik ke kondisi anaerobik, c) tahap *acidification* anaerobik, d) tahap metanogenesis, dan e) tahap stabil dengan aktivitas mikroba lambat [4]. Mikroplastik adalah bahan pencemar yang terbentuk dari penguraian atau degradasi sampah plastik dan memiliki berbagai macam bentuk [5]. Ukuran mikroplastik pada umumnya kurang dari 5 mm hingga 1 mm sepanjang dimensi terpanjangnya [6].

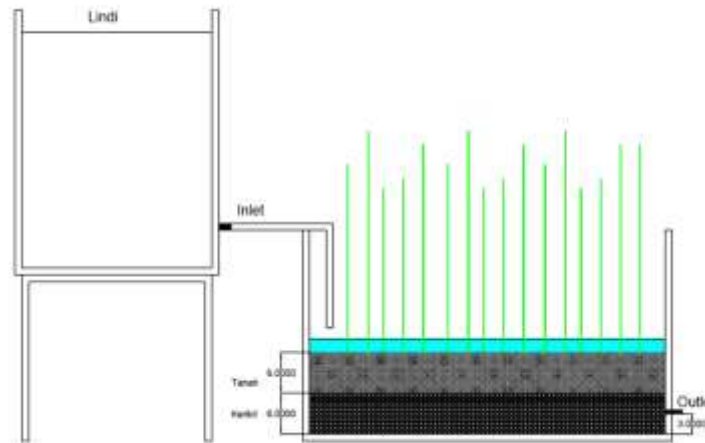
Air lindi ditemukan mengandung mikroplastik dengan jumlah yang berbeda-beda tergantung dari pengolahannya [7]. Apabila air lindi yang mengandung mikroplastik tersebut lolos ke ekosistem maka berpotensi mengancam kebersihan dan kesehatan alam serta manusia. Setelah mikroplastik terlepas ke lingkungan sekitar, mikroplastik akan dapat terserap oleh organisme air maupun darat, yang kemudian berpotensi memasuki rantai makanan dan memberikan dampak kepada kesehatan manusia. Dampak mikroplastik terhadap kesehatan manusia antara lain, dapat mempengaruhi berbagai sistem dalam tubuh manusia, termasuk sistem pencernaan, pernafasan, endokrin, reproduksi, dan kekebalan tubuh [8].

Maka dari itu melakukan pengolahan air lindi dari TPA sangatlah penting untuk menjaga lingkungan. Ada berbagai macam cara dan proses untuk mengolah air lindi, salah satu langkah yang dimanfaatkan adalah dengan lahan basah buatan atau *constructed wetland*. *Constructed wetland* banyak digunakan sebagai teknologi pengolahan air limbah karena biaya instalasinya yang rendah, kebutuhan energi yang rendah, kemudahan penggunaan, kemanjuran yang tinggi dalam menghilangkan kontaminan, dan menambahkan nilai estetika TPA

## 2. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan lahan basah buatan aliran bawah permukaan atau *subsurface flow constructed wetland* (SSF-CW). Dalam penelitian ini digunakan 2 SSF-CW dengan nama kode SSFCW-K dan SSFCW-M. Setiap unit SSF-CW dibangun dengan bak penampung plastik berbentuk persegi panjang dengan volume 160 L (berukuran 52,5 cm x 36 cm x 30 cm). Untuk media tanam substrat *constructed wetland* diisi dengan kerikil berukuran 1-1,5 cm dengan kedalaman 6 cm dan tanah dengan kedalaman 6 cm. Outlet untuk SSF-CW terletak pada tinggi 12,5 cm dari bawah reaktor, outlet terletak di 0,5 cm dari atas substrat tanah dan dipasang keran air. Jenis tanaman pada unit pertama adalah melati air (*Echinodorus Paleaefolius*; unit SSFCW-M), dan pada unit yang kedua digunakan sebagai kontrol dan dibiarkan tidak ditanami (unit SSFCW-K). Pada kedua unit SSF-CW, dialirkan air lindi dari bak ekualisasi dengan waktu tinggal hidrolis (HRT) selama 4 hari dan diterapkan dengan laju pembebanan hidrolis selama 5 L/hari, dan volume air lindi pada bak penampung sebesar 20 L. Setelah 4 hari, sampel air lindi akan diambil dari outlet SSF-CW sebanyak 1 L yang kemudian akan diuji di laboratorium.

Sampel air lindi yang digunakan dalam penelitian ini diambil dari outlet sistem biologi pada Instalasi Pengolahan Lindi (IPL) yang terletak di TPA Griyo Mulyo. Pengambilan sampel air lindi dilakukan pada bulan September 2024. Sampel air lindi diambil disaat cuaca terang dan tidak hujan di hari sebelumnya, sehingga air lindi tidak terencerkan.



**Gambar 1.** Desain *Subsurface Flow Constructed Wetland*  
 Sumber: Analisis Penulis (2024)

Sampel air lindi dari outlet SSF-CW kemudian diuji di laboratorium Ecoton yang bertempat di Gresik. Pengujian sampel air lindi mengacu pada analisis laboratorium NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) [9] sebagai panduan, Laboratorium Ecoton mengekstraksi, menyiapkan, dan mengidentifikasi fisik mikroplastik seperti berikut. Pertama mempersiapkan sampel air lindi dengan menyaring sampel melalui *mesh stainless*, kemudian melakukan degradasi bahan organik dengan memindahkan sampel ke wadah kaca steril dengan menggunakan pipet ukur yang berisi larutan  $H_2O_2$  30% sebanyak 20 ml dan didiamkan selama 15 menit. Setelah itu menambahkan larutan  $Fe_2SO_4$  30% sebanyak 5 ml dan di inkubasi selama 24 jam, lalu dilakukan *hotplate stirrer* selama 30 menit dengan suhu  $70^\circ C$ . Kemudian dilakukan pemisahan densitas dengan menambahkan 6 gr NaCl untuk setiap 20 ml sampel, lalu sampel disaring menggunakan kertas saring dan dipindahkan ke cawan petri. Setelah itu dapat melakukan pemilahan sampel dan identifikasi mikroplastik dibawah mikroskop. Pada Laboratorium Ecoton, karakteristik mikroplastik yang diidentifikasi adalah ukuran (5-0,1 mm), bentuk, dan warna mikroplastik.

Metode analisa pada penelitian ini dilakukan dengan membandingkan penurunan kandungan mikroplastik pada sampel SSFCW-K dan SSFCW-M terhadap sampel influent untuk menentukan pengaruh pengolahan *constructed wetland* terhadap penurunan jumlah mikroplastik serta melihat faktor yang mendukung efektivitas penurunan kandungan mikroplastik pada effluent.

### 3. Hasil dan Pembahasan

#### TPA Griyo Mulyo

Sampel air lindi yang digunakan pada penelitian ini diambil dari lokasi yang bertempat di TPA Griyo Mulyo yang berada di Desa Kalisogo, Kecamatan Jabon, Kabupaten Sidoarjo. TPA Griyo Mulyo bertempat 28 km dari pusat kabupaten Sidoarjo dan merupakan satu-satunya TPA di kabupaten tersebut. TPA ini memiliki luas total seluas 51,4 Ha, dengan luas area *landfill* sebesar 5,89 Ha dan dapat menampung kapasitas sampah sebanyak 1,65 juta  $m^3$ . TPA Griyo Mulyo memberikan layanan sanitasi untuk 900.000 jiwa di Sidoarjo, diantaranya sebanyak 18 kecamatan selama 5-7 tahun [10].

TPA Griyo Mulyo memiliki fasilitas dan prasarana yang memiliki fungsi yang berbeda dalam mengelola sampah yang masuk seperti yang dijelaskan pada **Tabel 1**.

**Tabel 1.** Fasilitas dan Prasarana pada TPA Griyo Mulyo

Rumah Kompos	Area Pemilahan	Area Penimbunan Sampah ( <i>Landfill</i> )	Instalasi Pengolahan Lindi (IPL)
(1)	(2)	(3)	(4)
Tempat untuk mengolah sampah organik atau <i>biowaste</i> menjadi kompos	Area Pemilahan atau <i>Sorting Plant</i> berfungsi sebagai tempat memilah sampah agar dapat didaur ulang	<i>Landfill</i> merupakan tempat penimbunan sampah terakhir untuk sampah yang tidak dapat diolah kembali	Untuk mengolah air lindi dari TPA 1. IPL Anaerob 2. IPL MBR – Biologis (Sistem Wehrle) 3. IPL <i>Wetland</i>

Sumber: Standar Operasional Prosedur TPA Griyo Mulyo, 2020



**Gambar 2.** Tata Letak TPA Griyo Mulyo

Sumber: Standar Operasional Prosedur TPA Griyo Mulyo, 2020

### Identifikasi Mikroplastik

Jumlah mikroplastik yang ditemukan pada sampel ditunjukkan pada **Tabel 2**, dengan karakteristik mikroplastik fiber dan filamen, dan hanya mikroplastik ukuran 5-0,1 mm yang dapat terdeteksi dalam pengujian yang dilakukan di laboratorium Ecoton. Sampel influent turut diuji untuk melihat penurunan kandungan mikroplastik pada effluent masing-masing sampel SSF-CW. Kedua sampel SSF-CW ditemukan dengan total jumlah mikroplastik yang lebih kecil daripada sampel influen. Hal ini menunjukkan bahwa pengolahan *constructed wetland* berhasil dalam meremediasi keberadaan mikroplastik yang ditemukan pada air lindi. Penurunan jumlah mikroplastik yang diakibatkan oleh pengolahan *constructed wetland* dapat dijelaskan oleh beberapa faktor antara lain jenis *constructed wetland*, keberadaan tanaman, mikroorganisme, serta jenis dan bentuk mikroplastik [11].

Jenis *constructed wetland* yang umum digunakan adalah *Subsurface Flow Constructed Wetland* (SSF-CW) dan *Surface Flow Constructed Wetland* (SF-CW) [12]. Kedua jenis *constructed wetland* memiliki kelebihan masing-masing, namun dalam remediasi mikroplastik SSF-CW lebih unggul daripada SF-CW [13]. Dalam SSF-CW, air limbah mengalir melalui lapisan media menjadikan kesempatan kontak antara mikroplastik dan substrat lebih memungkinkan terjadi. Mekanisme utama yang berkontribusi dalam pengurangan mikroplastik pada effluent adalah filtrasi fisik, retensi, dan adsorpsi yang terjadi pada lapisan media. Selain itu, SSF-CW juga mendukung pembentukan biofilm di permukaan substrat maupun mikroplastik itu sendiri. Keberadaan biofilm ini memperkuat retensi mikroplastik dengan cara mengurangi celah dalam media, meningkatkan adhesi, serta mengubah morfologi dan densitas pada mikroplastik, sehingga meningkatkan efisiensi pengendapan.

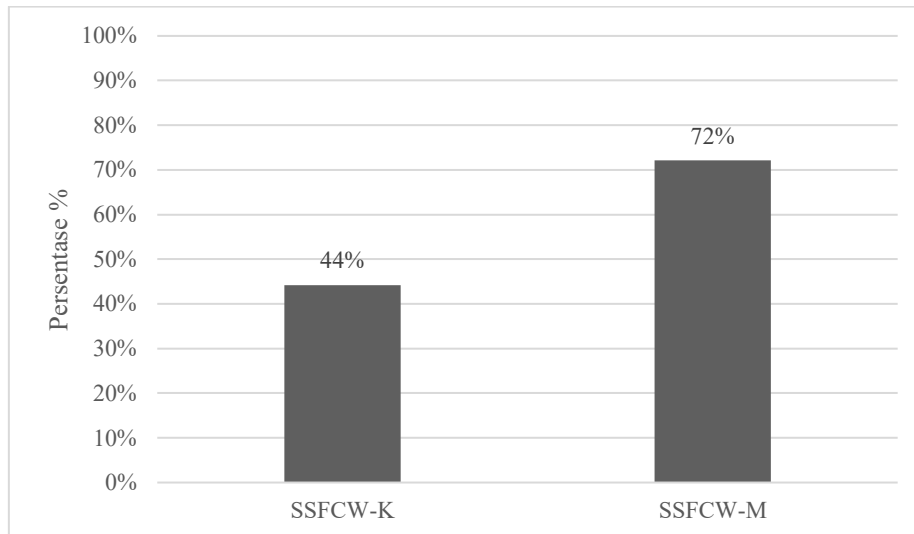
**Tabel 2.** Jumlah Kandungan Mikroplastik

No.	Nama Sampel	Fiber			Filamen			Total
		>1 mm	1-0,5 mm	0,5-0,1 mm	>1 mm	1-0,5 mm	0,5-0,1 mm	
1.	Influent	10	12	7	1	3	10	43
2.	SSFCW-K	3	7	11	0	0	3	24
3.	SSFCW-M	2	4	4	0	1	2	13

Sumber: Analisis Penulis (2024)

Grafik pada **Gambar 3** menunjukkan persentase penurunan mikroplastik dari jumlah mikroplastik yang ditemukan pada sampel influent terhadap sampel SSFCW-K dan SSFCW-M. Dari grafik **Gambar 3**,

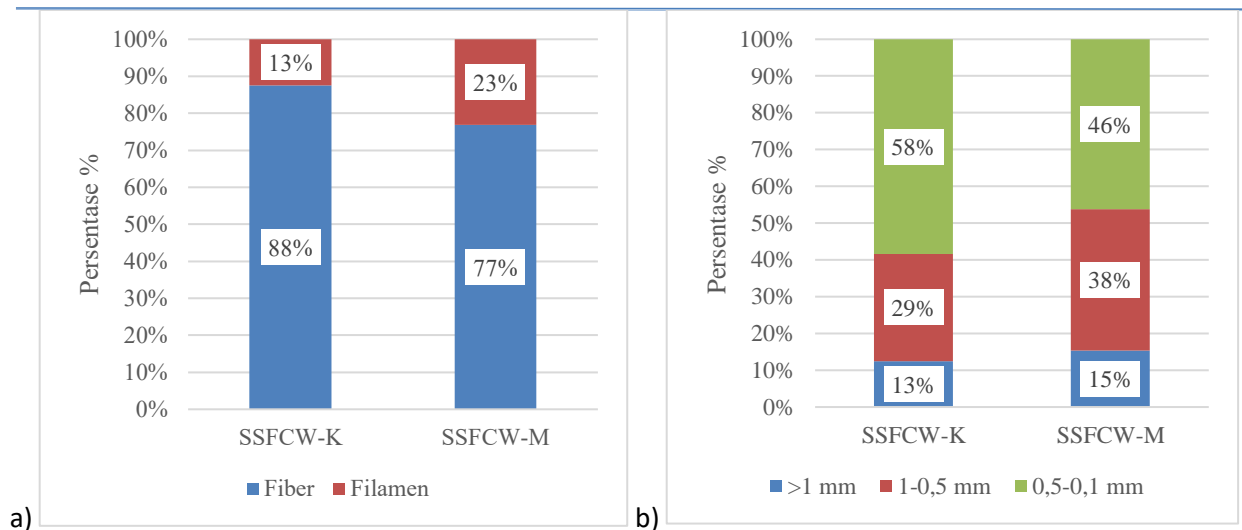
dapat dilihat bahwa sampel SSFCW-M berhasil menurunkan kandungan pada effluent lebih besar dibandingkan dengan sampel SSFCW-K. Persentase penurunan kandungan mikroplastik pada SSFCW-M adalah sebesar 72%, sedangkan pada SSFCW-K sebesar 44%. Maka terbukti bahwa keberadaan tanaman dapat berefek terhadap penurunan kandungan mikroplastik pada pengolahan *constructed wetland*. Tanaman air dalam *Constructed Wetland* berperan penting dalam mengurangi jumlah mikroplastik yang keluar bersama *effluent*. Akar tanaman menciptakan lingkungan rizosfer yang mendukung pertumbuhan mikroorganisme, yang kemudian membentuk biofilm di sekitar akar [14]. Biofilm ini berfungsi sebagai perangkap yang menahan mikroplastik, mencegahnya terbawa aliran air [15]. Selain itu, akar tanaman membantu mengisi celah dalam media filter, memperlambat laju aliran air, dan meningkatkan efisiensi pengendapan mikroplastik. Dengan demikian, tanaman tidak hanya memperkuat struktur media, tetapi juga mengoptimalkan proses biologis dalam penyaringan mikroplastik sebelum air keluar sebagai effluent.



**Gambar 3.** Persentase Penurunan Kandungan Mikroplastik  
 Sumber: Analisis Penulis (2024)

Ditemukan bentuk mikroplastik yang paling banyak ditemukan adalah fiber dengan persentase 88% dan 77% pada masing-masing SSFCW-K dan SSFCW-M. Distribusi bentuk mikroplastik yang diperoleh dalam penelitian ini sejalan dengan penelitian sebelumnya, dimana fiber merupakan bentuk mikroplastik yang paling dominan ditemukan dalam air lindi [13]. Beberapa penelitian lain juga mendapatkan efisiensi penghilangan fiber yang lebih rendah, dikarenakan bentuk fiber yang tipis dan panjang sehingga memungkinkan fiber untuk melewati substrat dan keluar ke *effluent*. Dengan ini dapat membantu menjelaskan perbedaan signifikan dalam jumlah fiber dengan bentuk mikroplastik lain yang ditemukan pada sampel. Selain fiber, mikroplastik berbentuk filamen juga ditemukan di kedua sampel SSF-CW. Bentuk mikroplastik filamen ditemukan dengan persentase 13% dan 23% pada masing-masing SSFCW-K dan SSFCW-M. Filamen, yang memiliki bentuk panjang dan tipis menyerupai benang, umumnya berasal dari degradasi kantong plastik serta produk kemasan.

Dalam penelitian ini hanya mikroplastik berukuran 5-0,1 mm yang dapat terdeteksi dikarenakan keterbatasan laboratorium. Dari grafik gambar 4b dapat dilihat bahwa mikroplastik dengan ukuran 0,5-0,1 mm paling banyak ditemukan dengan persentase 58% (SSFCW-K) dan 46% (SSFCW-M), lalu diikuti oleh ukuran 1-0,5 mm dengan persentase 29% (SSFCW-K) dan 38% (SSFCW-M), dan ukuran yang paling sedikit ditemukan adalah ukuran >1 mm dengan persentase 13% (SSFCW-K) dan 15% (SSFCW-M). Mikroplastik dengan ukuran < 0,5 mm cenderung tetap tersuspensi dalam air dan sulit tertahan oleh media tanaman. Mikroplastik berukuran >1 mm dan 1-0,5 mm lebih mudah terperangkap dalam media tanaman, sedangkan partikel yang lebih kecil (<0,5 mm) lebih berpotensi untuk lolos dari media tanah.



**Gambar 4.** Jumlah Mikroplastik berdasarkan a) bentuknya b) ukurannya  
Sumber: Analisis Penulis (2024)

#### 4. Kesimpulan

*Constructed wetland* merupakan salah satu pengolahan air lindi yang memiliki potensi yang menjanjikan untuk menangani air limbah yang mengandung mikroplastik. Dari hasil penelitian ini, SSFCW dapat menurunkan kandungan mikroplastik secara efisien, sehingga mencegah mikroplastik memasuki ekosistem alam. SSFCW-M mampu menurunkan kandungan mikroplastik lebih besar daripada SSFCW-K dengan persentase 72% dari influent. Tanaman merupakan salah satu faktor penurunan SSFCW-M lebih besar, dikarenakan akar tanaman membantu pertumbuhan mikroorganisme, yang kemudian membentuk biofilm di sekitar akar. Akar tanaman dan biofilm berperan dalam retensi serta filtrasi fisik dalam substrat. Bentuk dan ukuran mikroplastik pada effluent juga didapatkan hasil yang cukup sama. Kedua sampel ditemukan lebih banyak mikroplastik berbentuk fiber dibandingkan dengan filamen, dikarenakan bentuk fiber yang tipis dan panjang sehingga memungkinkan fiber untuk melewati substrat dan keluar ke *effluent*. Ukuran 0,5-0,1 mm lebih banyak ditemukan di kedua sampel dibandingkan 1-0,5 mm dan >1 mm, dikarenakan mikroplastik ukuran 0,5-0,1 mm lebih susah tertahan di substrat.

#### 5. Ucapan Terima Kasih

Terima kasih penulis ucapkan kepada Raden Kokoh Haryo Putro selaku dosen pembimbing dalam penulisan jurnal ini. Juga untuk rekan-rekan dari Program Studi Teknik Lingkungan UPN "Veteran" Jawa Timur yang mendukung selama penelitian ini.

#### 6. Referensi

- [1] Direktorat Pengelolaan Sampah, "Timbulan Sampah," 13 February 2025. [Online]. Available: <https://sipsn.menlhk.go.id/sipsn/public/data/timbulan>.
- [2] *Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 18 Tahun 2008 Tentang Pengelolaan Sampah*, 2008.
- [3] B. Shashi, J. Dolma, J. Singh and S. Sehgal, "Biodegradation of plastics: A state of the art review," *Materials Today: Proceedings*, vol. 39, pp. 31-34, 2021.
- [4] L. Hou, D. Kumar, C. G. Yoo, I. Gitsova and E. L. W. Majumder, "Conversion and removal strategies for microplastics in wastewater treatment plants and landfills," *Chemical Engineering Journal*, 2021.
- [5] D. Yona, M. Zahran, M. Fuad, Y. Prananto and L. Harlyan, *Mikroplastik di Perairan, Jenis, Metode Sampling, dan Analisis Laboratorium*, Malang: UB Press, 2021.
- [6] C. B. Crawford and B. Quin, *Microplastic Pollutants*, Amsterdam: Elsevier, 2017.
- [7] P. He, L. Chen, L. Shao, H. Zhang and F. Lü, "Municipal solid waste (MSW) landfill: A source of microplastics?-Evidence of microplastics in landfill leachate," *Water research*, vol. 159, pp. 38-45, 2019.
- [8] Y. Lee, J. Cho, J. Sohn and C. Kim, "Health Effects of Microplastic Exposures: Current Issues and Perspectives in South Korea.," *Yonsei medical journal*, p. 301-308, 2023.

- [9] NOAA Marine Debris Program, "Laboratory Methods for the Analysis of Microplastics in the Marine Environment: Recommendations for quantifying synthetic particles in waters and sediments," 2015.
- [10] Standar Operasional Prosedur TPA Griyo Mulyo, Sidoarjo, 2020.
- [11] S. Liu, Y. Zhao, T. Li, T. Hu, K. Zheng, M. Shen and H. Long, "Removal of micro/nanoplastics in constructed wetland: Efficiency, limitations and perspectives," *Chemical Engineering Journal*, vol. 475, 2023.
- [12] United States Environmental Protection Agency, "Wastewater Technology Fact Sheet Wetlands: Subsurface Flow," September 2000. [Online]. Available: [https://www3.epa.gov/npdes/pubs/wetlands-subsurface\\_flow.pdf](https://www3.epa.gov/npdes/pubs/wetlands-subsurface_flow.pdf). [Accessed 1 May 2024].
- [13] Q. Wang, C. Hernández-Crespo, M. Santoni, S. V. Hulle and D. Rousseau, "Horizontal subsurface flow constructed wetlands as tertiary treatment: Can they be an efficient barrier for microplastics pollution?," *Science of The Total Environment*, vol. 721, 2020.
- [14] F. Wang, X. Feng, Y. Liu, C. A. Adams, Y. Sun and S. Zhang, "Micro (nano) plastics and terrestrial plants: Up-to-date knowledge on uptake, translocation, and phytotoxicity," *Resources, Conservation and Recycling*, vol. 185, 2022.
- [15] Y. Chen, T. Li, H. Hu, H. Ao, X. Xiong, H. Shi and C. Wu, "Transport and fate of microplastics in constructed wetlands: A microcosm study," *Journal of Hazardous Materials*, vol. 415, 2021.