

## Identifikasi Kelimpahan Dan Karakteristik Mikroplastik Pada Instalasi Pengolahan Air Limbah Komunal Kota Denpasar

I Gede Herry Purnama, Anak Agung Ngurah Deiva Suryadiningrat\*

Program Studi Sarjana Kesehatan Masyarakat, Fakultas Kedokteran Universitas Udayana, Bali 80232, Indonesia

\*Corresponding author: [herry.purnama@unud.ac.id](mailto:herry.purnama@unud.ac.id)



©2026. This open-access article is distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License.

Info Artikel: Diterima 25 Agustus 2025 ; Direvisi 10 Desember 2025 ; Disetujui 10 Desember 2025  
Tersedia online : 20 Desember 2025 ; Diterbitkan secara teratur : Februari 2026



**Cara sitasi:** Purnama IGH, Suryadiningrat AAND. Identifikasi Kelimpahan Dan Karakteristik Mikroplastik Pada Instalasi Pengolahan Air Limbah Komunal Kota Denpasar. Jurnal Kesehatan Lingkungan Indonesia [Online]. 2026 Feb;25(1):12-19. <https://doi.org/10.14710/jkli.77215>.

### ABSTRAK

**Latar belakang:** Instalasi Pengolahan Air Limbah merupakan jalur kontaminasi utama masuknya mikroplastik pada badan air yang berasal dari air limbah bekas cucian, produk kosmetik, dan limbah domestik rumah tangga. Penelitian ini bertujuan mengidentifikasi kelimpahan dan karakteristik mikroplastik pada air limbah domestik di Instalasi Pengolahan Air Limbah Komunal Kota Denpasar.

**Metode:** Pengambilan sampel air limbah menggunakan metode *composite sampling*. Sampel diambil dari 4 (empat) titik lokasi yaitu rumah pompa Kuta, rumah pompa Sanur, saluran Inlet, dan Outlet IPAL. Sampel diambil pada hari Senin, Rabu, Jumat, dan Minggu. Sampel diambil pada pagi, siang, dan sore hari di setiap titik lokasi sampling. Total keseluruhan sampel berjumlah 16 sampel. Pengambilan sampel menggunakan alat *water sampler vertical*. Karakteristik mikroplastik diidentifikasi berdasarkan jumlah, bentuk, dan warna berdasarkan metode analisis laboratorium dari NOAA (*National Oceanic and Atmospheric Administration*).

**Hasil:** Rata-rata kelimpahan mikroplastik tertinggi pada hari Minggu sebesar 213 partikel/L, hari Rabu sebesar 168 partikel/L, hari Jumat 152 partikel/L, dan hari Senin sebesar 142 partikel/L. Bentuk mikroplastik yaitu fragmen 51,4%, fiber 34,1%, film 8%, dan foam 6,3%. Warna mikroplastik yaitu transparan 30,6%, coklat 29,6%, merah 16,8%, biru 6%, dan abu-abu 5,7%. Tingkat efektivitas penyisihan mikroplastik pada IPAL Komunal Kota Denpasar sebesar 54,70%.

**Simpulan:** Kelimpahan mikroplastik tertinggi terjadi pada hari Minggu. Terdapat 4 bentuk yang ditemukan yaitu fragmen, fiber, film, dan foam. Warna transparan, coklat, merah, biru, abu-abu dan hitam adalah warna yang ditemukan pada setiap titik lokasi sampling. Bentuk fragmen dan warna transparan adalah yang paling mendominasi dengan tingkat efektivitas penyisihan partikel mikroplastik di IPAL Komunal Kota Denpasar yang tergolong belum efektif.

**Kata kunci:** Instalasi Pengolahan Air Limbah; Mikroplastik; Efektivitas

### ABSTRACT

**Title:** Identification of Microplastic Abundance and Characteristics at the Communal Wastewater Treatment Plant in Denpasar City

**Background:** Wastewater Treatment Plants are the main pathway for microplastics entering water bodies from laundry wastewater, cosmetic products, and household waste. This study aims to identify the abundance and characteristics of microplastics in domestic wastewater at the Communal Wastewater Treatment Plant in Denpasar City.

**Method:** Wastewater sampling employed the composite sampling method. Samples were collected from four locations: Kuta pump house, Sanur pump house, Inlet channel, and WWTP outlet. Collections occurred on Monday, Wednesday, Friday, and Sunday. Samples were gathered at different times of day—morning, afternoon, and evening—at each sampling site. The total number of samples was 16. A vertical water sampler was used for collection. Microplastic characteristics were identified based on quantity, shape, and color through laboratory analysis methods from NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration).

**Result:** The highest average microplastic abundance was on Sunday at 213 particles/L, followed by Wednesday at 168 particles/L, and Friday at 152 particles/L, with the lowest on Monday at 142 particles/L. Microplastic shapes consisted of 51.4% fragments, 34.1% fibers, 8% films, and 6.3% foam. The colors of microplastics were transparent at 30.6%, brown at 29.6%, red at 16.8%, blue at 6%, and gray at 5.7%. The removal efficiency of the Communal WWTP in Denpasar City was 54.70%.

**Conclusion:** The highest amount of microplastics was found on Sunday. Four shapes were identified: fragments, fibers, film, and foam. At each sampling location, the colors included transparent, brown, red, blue, gray, and black. Fragments and transparent colors were the most common, with the microplastic particle removal effectiveness level at the WWTP still considered ineffective.

**Keywords:** Waste Water Treatment Plant; Microplastic; Effectiveness

---

## PENDAHULUAN

Pencemaran lingkungan berpotensi tinggi terjadi akibat pembuangan air limbah domestik yang langsung dialirkan ke sungai dan saluran terbuka dari berbagai sumber rumah tangga seperti dapur, kamar mandi, area pencucian, dan wastafel. Berdasarkan data Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional tahun 2024, terdapat 76,15% sampah yang dihasilkan dari limbah domestik di Provinsi Bali.<sup>1</sup> Berbagai penyakit yang berpotensi ditimbulkan dari zat-zat polutan yang terkandung dalam limbah tersebut, seperti disentri, kolera, dan penyakit-penyakit lainnya yang membahayakan kesehatan.<sup>2</sup>

Salah satu partikel pencemar yang berpotensi ada pada air limbah domestik adalah mikroplastik. Kumpulan plastik yang berukuran sangat kecil yaitu < 5 mm yang mempunyai sifat toxic yang berbahaya apabila terdapat di lingkungan terutama perairan disebut mikroplastik.<sup>3</sup> Limbah dari bekas cucian, produk kecantikan, dan limbah domestik menjadi sumber utama mikroplastik di daerah permukiman.<sup>4</sup> Dengan adanya paparan sinar matahari secara terus menerus, struktur polimer akan melalui proses degradasi menjadi partikel-partikel berukuran lebih kecil yang disebut mekanisme fotodegradasi.<sup>5</sup>

Mikroplastik yang masuk ke tubuh manusia melalui rantai makanan berpotensi menyebabkan masalah kesehatan serius, seperti pertumbuhan sel kanker dan kerusakan jaringan. Endapan mikroplastik yang tidak dapat dicerna tubuh dapat menyebabkan iritasi dan peradangan, serta memicu tumbuhnya tumor dan kanker.<sup>6</sup> Maka dari itu, air limbah domestik tersebut harus melalui proses pengolahan lebih lanjut sebelum dibuang ke lingkungan dengan langkah menyediakan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) guna meminimalisir zat polutan yang termuat dalam air.

Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) merupakan struktur yang didesain khusus untuk mengeliminasi zat-zat pencemar dalam air sehingga memungkinkan air hasil pengolahan dapat dimanfaatkan kembali untuk berbagai aktivitas.<sup>7</sup> Denpasar Sewerage Development Project (DSDP) yaitu sistem penyaluran air limbah yang berfokus pada pengelolaan air limbah domestik menggunakan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Komunal, dengan area layanan yang mencakup pusat Kota Denpasar dan dua daerah wisata utama, yaitu wilayah Sanur dan Kuta.

Prosedur pengolahan diimplementasikan melalui sistem jaringan pipa pengumpul yang mengintegrasikan saluran pembuangan dari setiap unit rumah menuju ke instalasi pengolahan air limbah. Namun, berdasarkan informasi dari staf pengelola DSDP menyatakan bahwa, mereka hanya melakukan uji sampling pada saluran Inlet dan Outlet sebanyak 1x perhari sebelum jam 09.00 WITA dengan pengujian pada parameter lingkungan yaitu Biological Oxygen Demand (BOD), Chemical Oxygen Demand (COD), dan pH yang terkandung dalam air limbah.

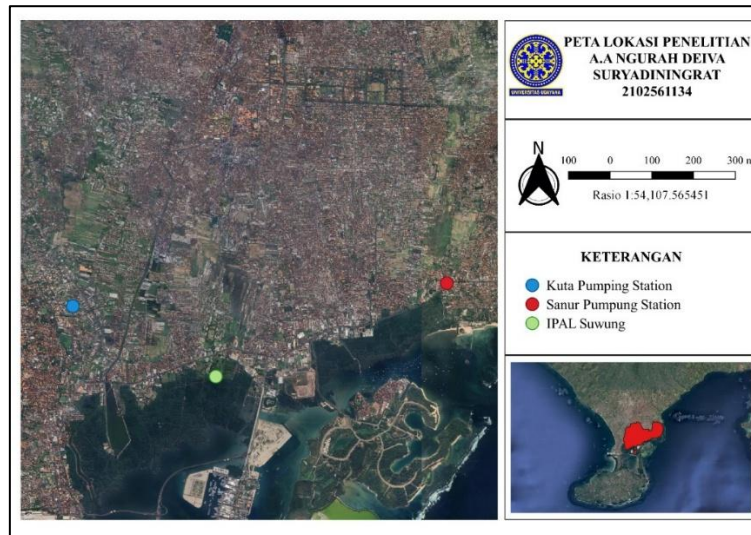
Setelah melalui proses pengolahan, air limbah yang telah memenuhi standar kualitas lingkungan akan dialirkan ke badan air, seperti sungai atau danau, sebelum akhirnya bermuara ke laut. Salah satu penelitian di perairan dan sedimen Teluk Benoa ditemukan mikroplastik dengan bentuk fragmen, film, dan fiber dengan kelimpahan mikroplastik tertinggi di perairan mencapai 0,53 partikel/m<sup>3</sup> dan kelimpahan mikroplastik tertinggi mencapai 113 partikel/m<sup>3</sup> pada sedimen(8). Pada ikan kakap merah yang berlabuh di PPI (Pangkal Pendaratan Ikan) Kedonganan Bali sebesar 77% dengan jumlah mikroplastik tertinggi ditemukan pada bentuk fragmen.<sup>5</sup> Terpapar mikroplastik dapat menimbulkan berbagai ancaman bagi kesehatan, meliputi masalah pencernaan, kerusakan organ hati, masalah kesuburan, pertumbuhan sel kanker, penurunan fungsi ginjal, gangguan sistem metabolisme tubuh, serta penurunan kemampuan kognitif seperti daya ingat yang melemah.<sup>9</sup>

Berdasarkan pernyataan diatas, maka penelitian tentang identifikasi kelimpahan mikroplastik pada air limbah domestik di IPAL menjadi langkah awal untuk mengidentifikasi jumlah kelimpahan dan karakteristik mikroplastik yang berkontribusi terhadap pencemaran di fasilitas pengolahan air limbah tersebut yang dimana air limbah tersebut kembali ke badan air dan beredar ke lingkungan serta memberikan informasi yang dapat digunakan dalam upaya pengelolaan limbah yang lebih baik di Kota Denpasar.

## MATERI DAN METODE

Lokasi penelitian bertempat pada Rumah Pompa Sanur, Rumah Pompa Kuta, saluran *Inlet* dan *Outlet* pada Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) di Denpasar Sewerage Development Project Kota Denpasar. Terdapat 4 titik lokasi pengambilan sampel yang ditunjukkan pada Gambar 1. Pengambilan sampel pada setiap titik dilakukan sebanyak 3 kali pengulangan pada pukul 08.00 WITA, 11.00 WITA, dan 14.00 WITA setiap 2 hari sekali selama 1 minggu di hari Senin, Rabu, Jumat, dan Minggu. Waktu pengambilan sampel ini dirancang untuk mendapatkan variasi data yang representatif dari kondisi operasional IPAL pada hari-hari yang berbeda, sehingga dapat mengidentifikasi fluktuasi konsentrasi terhadap mikroplastik.

Penentuan lokasi sampling mikroplastik dengan menggunakan metode *purposive sampling* dengan teknik pengambilan sampel air limbah menggunakan metode *composite sampling*. Metode pengambilan sampel pada penelitian ini mengacu pada pedoman SNI 6989.59:2008 tentang metode pengambilan contoh air limbah. Metode ekstraksi dan analisis sampel di laboratorium mengacu pada NOAA (*National Oceanic and Atmospheric Administration*). Analisis sampel dilakukan dengan dua metode utama, yaitu *Density Separation* dan *Wet Peroxide Oxidation (WPO)*.



Gambar 1. Lokasi Pengambilan Sampel

Pada tahapan pertama, ekstraksi mikroplastik dari sampel air limbah yang telah dikumpulkan sebanyak 300 ml, lalu dicampurkan dengan 500 ml NaCl di beaker glass ukuran 1 L.<sup>10</sup> Sampel diaduk selama 2 menit agar tercampur rata, setelah 2 menit sampel ditutup dengan aluminium foil dan didiamkan selama 2 jam agar partikel mikroplastik mengapung sempurna. Setelah 2 jam, sampel kemudian disaring menggunakan *meshnet* untuk memisahkan partikel mikroplastik yang telah terapung dengan air. Tahapan kedua, partikel mikroplastik yang tersaring di *meshnet* kemudian partikel organik yang ada didegradasi menggunakan larutan H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> sebanyak 20 mL kedalam beaker glass ukuran 50 ml. Setelah itu, sampel yang sudah ditambahkan larutan H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> ditutup menggunakan aluminium foil dan dioven selama 24 jam dengan suhu 60 °C. Tahapan ketiga, sampel yang telah dioven selama 24 jam di saring menggunakan vacuum pump dengan media saring kertas Whatman's GF/C berdiameter 47 milimeter dan ukuran pori-pori 1,2 µm. Setelah tersaring pada kertas saring, sampel diletakan pada cawan petri untuk di lakukan pengamatan dibawah mikroskop dengan perbesaran 10X. Proses ini bertujuan untuk mengidentifikasi mikroplastik berdasarkan jumlah, bentuk, dan warna yang terdapat dalam sampel tersebut.<sup>11</sup>

Hasil pengamatan kemudian dihitung kelimpahan mikroplastik dengan rumus pada persamaan 1<sup>12</sup> dengan rumus sebagai berikut :

$$C = \frac{n}{V} (1)$$

Dimana :

C = Kelimpahan (partikel/L)

- n = Jumlah Partikel Mikroplastik/Sampel  
 V = Volume Air Sampel (L)

Data yang diperoleh selanjutnya mencari tingkat efektivitas kinerja IPAL dalam penyisihan partikel mikroplastik menggunakan rumus pada persamaan 2<sup>13</sup> dengan rumus sebagai berikut :

$$Efektivitas (\%) = \frac{C_0 - C_x}{C_0} \times 100\% \quad (2)$$

Dimana :

- C<sub>0</sub> = Sebelum mengalami pengolahan  
 C<sub>x</sub> = Setelah mengalami pengolahan

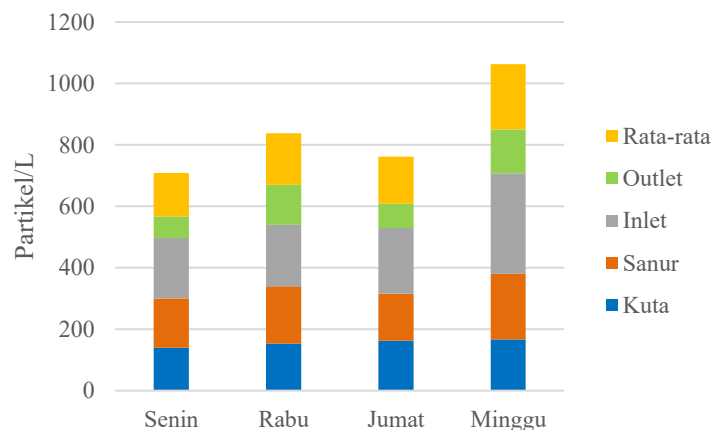
## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Kelimpahan Mikroplastik

Konsentrasi mikroplastik dari lokasi rumah pompa Sanur, rumah pompa Kuta, saluran *Inlet* dan *Outlet* pada Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) di Denpasar Sewerage Development Project Kota Denpasar ditunjukkan pada gambar 2. Jumlah kelimpahan tertinggi yaitu di hari Minggu pada unit *Inlet* dengan jumlah 327 partikel/L, sedangkan kelimpahan terendah yaitu di hari Senin pada unit *Outlet* dengan jumlah 70 partikel/L. Tingginya jumlah kelimpahan mikroplastik pada saluran *Inlet* tersebut disebabkan karena saluran *Inlet* sebagai saluran penerima air limbah domestik secara langsung tanpa mengalami proses pengolahan yang dipengaruhi oleh jumlah populasi pada wilayah pelayanan dan tingkat aktivitas manusia.<sup>14,15</sup>

Nilai rata-rata tertinggi pada hari Minggu dengan jumlah kelimpahan mikroplastik sebesar 213 partikel/L, sedangkan nilai rata-rata terendah pada hari Senin dengan jumlah kelimpahan mikroplastik sebesar 142 partikel/L. Hal ini dapat terjadi akibat hari Minggu merupakan hari libur dan masyarakat banyak melakukan aktivitas rumah tangga yang intensif dibandingkan hari kerja seperti mencuci pakaian, membersihkan rumah, dan penggunaan produk kosmetik(14,16). Dari hasil tersebut juga menggambarkan adanya penurunan kandungan mikroplastik pada titik *Outlet*. Selama proses pengolahan, terjadi penurunan kadar mikroplastik yang disebabkan oleh mikroplastik yang terserap ke dalam lumpur dan mengendap pada tahap sedimentasi.<sup>17</sup>

Berdasarkan hasil tersebut, dapat dikatakan bahwa adanya kandungan mikroplastik pada Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Komunal Kota Denpasar. Mikroplastik yang berasal dari air limbah rumah tangga menjadi penyumbang terbesar mikroplastik dalam air limbah di instalasi pengolahan air limbah (IPAL).<sup>18</sup> IPAL merupakan jalur kontaminan utama masuknya mikroplastik pada badan air.<sup>19</sup> Fluktuasi jumlah mikroplastik pada setiap titik dipengaruhi oleh sumber aliran limbah, demografi, volume air limbah, teknik pengambilan sampel, waktu pengambilan sampel, dan jenis sistem pengolahan yang digunakan.<sup>19,20</sup>



Gambar 2. Kelimpahan Mikroplastik

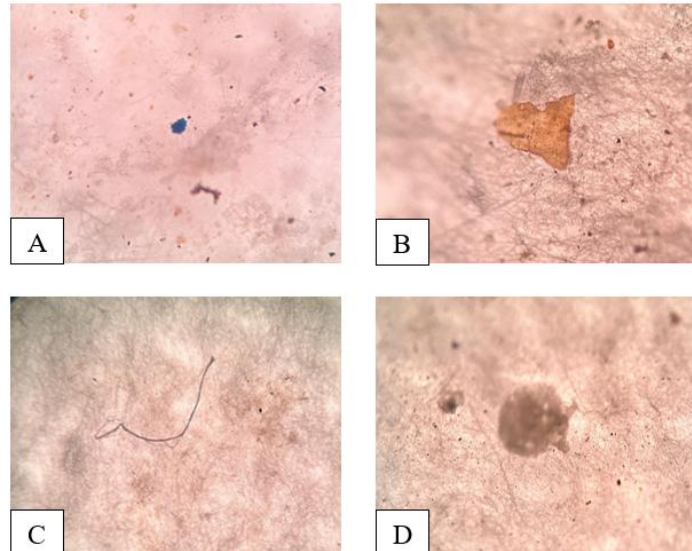
### Bentuk Mikroplastik

Berdasarkan pada Gambar 3, Hasil identifikasi mikroplastik berdasarkan warna menggunakan mikroskop, telah ditemukan beberapa bentuk yang berhasil teridentifikasi berdasarkan titik pengambilan seperti fiber, fragmen, foam, dan film. Berdasarkan gambar 4, dapat dikatakan bahwa ditemukan 4 bentuk mikroplastik pada seluruh titik pengambilan sampel, yaitu fragmen (51,4%), fiber (34,1%), film (8%), dan foam (6,3%).

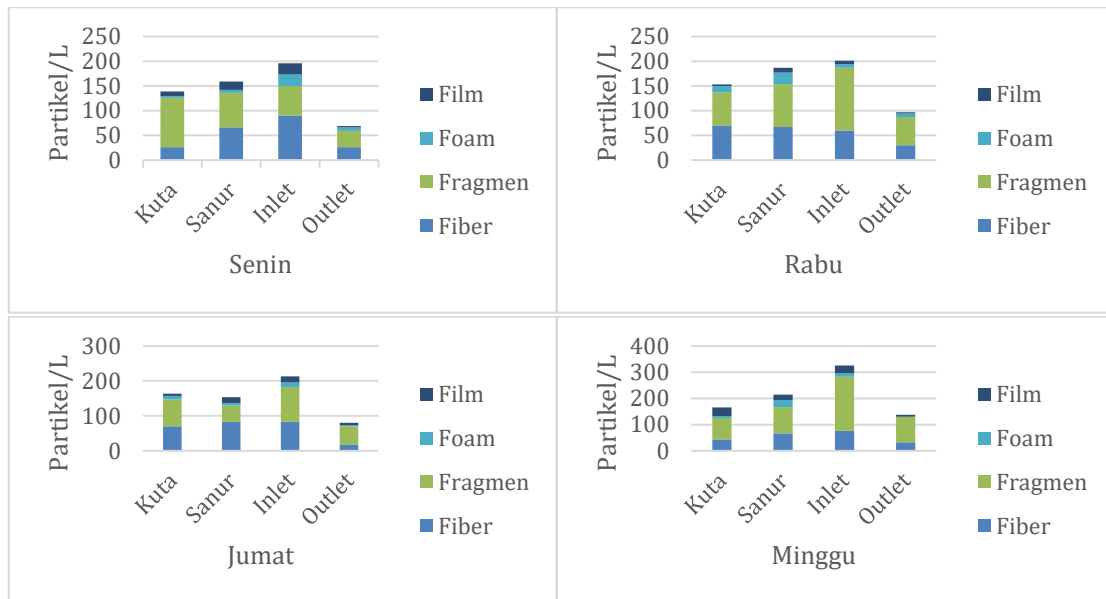
Mikroplastik dengan bentuk fiber dan fragmen paling sering mendominasi ditemukan pada instalasi pengolahan air limbah(19). Salah satu faktor yang mengakibatkan tingginya mikroplastik bentuk fragmen diduga

berasal dari tingkat aktivitas masyarakat yang membuat banyak sampah yang masuk ke saluran pembuangan secara langsung maupun tidak langsung.

Hasil tersebut sejalan dengan penelitian yang dilakukan di IPAL sekunder utama di Vancouver, Kanada ditemukan sebesar 65,6% mikroplastik bentuk fiber dan 28,1% mikroplastik bentuk fragmen,<sup>21</sup> pada IPAL di Wuxi, China dilaporkan sebesar 65% bentuk fragmen dan 21% bentuk fiber,<sup>22</sup> dan beberapa IPAL di Wuhan ditemukan mikroplastik bentuk fiber sekitar 33,5-56,7% dan bentuk fragmen sekitar 30,4-45,6%.<sup>23</sup>



Gambar 3. Bentuk Mikroplastik



Gambar 4. Bentuk Mikroplastik Berdasarkan Hari

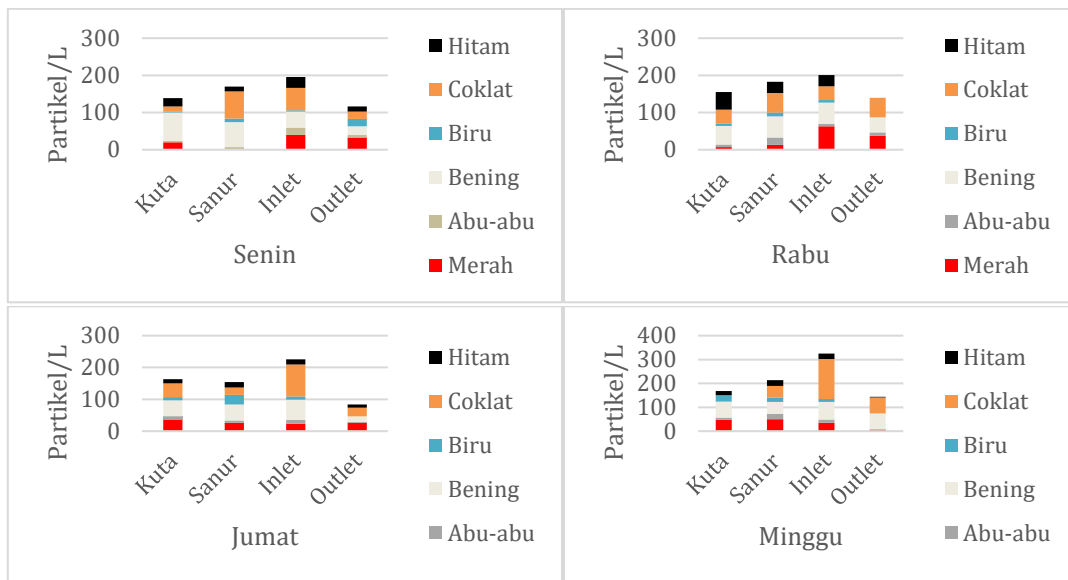
### Warna Mikroplastik

Identifikasi mikroplastik berdasarkan warnanya dapat membantu memprediksi sumber mikroplastik. Mikroplastik dengan warna transparan menjadi warna yang paling dominan ditemukan dari seluruh titik lokasi yaitu 851 partikel/L (30,6%), disusul dengan mikroplastik berwarna coklat sebesar 823 partikel/L (29,6%), warna merah sebesar 467 partikel/L (16,8%), warna biru sebesar 167 partikel/L (6%) dan yang terendah yaitu mikroplastik berwarna abu-abu 160 partikel/L (5,7%). Kemampuan partikel berwarna untuk menyerap sinar UV menyebabkan warna bening cenderung lebih dominan karena partikel tersebut mengalami degradasi yang tinggi di dalam air limbah domestik.<sup>24,25</sup>

Pada penelitian yang dilakukan di IPAL Bojongsoang dan *Constructed Wetland* di China juga melaporkan bahwa jenis warna mikroplastik yang paling sering ditemukan di air limbah adalah transparan dan putih, dengan persentase sekitar 34% hingga 75%.<sup>14,26</sup> Penelitian yang dilakukan di sungai Kalimas dan rumput laut dari

beberapa lokasi budidaya di Kabupaten Kupang juga melaporkan jenis warna mikroplastik yang paling dominan ditemukan adalah warna transparan sebesar 34%.<sup>27,28</sup>

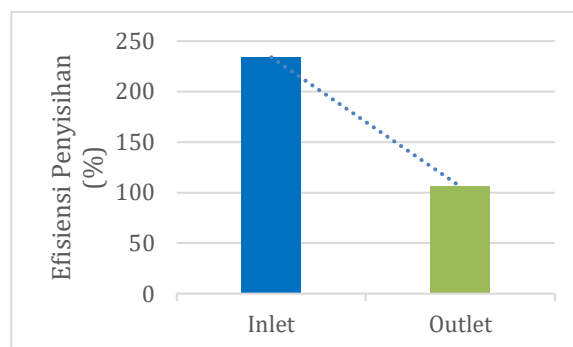
Mikroplastik yang ditemukan di lingkungan memiliki berbagai warna karena pewarna sintetis yang ditambahkan selama produksi atau sebagai hasil reaksi fotokimia ketika partikel berada di alam. Misalnya, mikroplastik berbentuk film dengan warna transparan, putih, atau abu-abu-hitam yang ditemukan di air limbah kemungkinan besar merupakan sisa-sisa kantong plastik belanja. Selain itu, mikroplastik berbentuk fragmen yang berwarna transparan atau berwarna lain biasanya berasal dari potongan-potongan sampah plastik yang pecah atau dari pipa di saluran pembuangan air limbah. Selain itu, mikroplastik dalam bentuk serat pigmen hitam, merah, atau biru yang ditemukan di limbah cair diyakini berasal dari pencucian pakaian yang terbuat dari bahan sintetis berwarna.<sup>29</sup>



Gambar 5. Warna Mikroplastik Berdasarkan Hari

**Efektivitas IPAL**

Pada gambar 6, dapat dilihat bahwa terjadi penurunan jumlah mikroplastik dari saluran *Inlet* menuju *Outlet* dengan efisiensi penyisihan sebesar 54,70%. Hasil perhitungan efektivitas didapatkan dari hasil rata-rata kelimpahan mikroplastik pada saluran *Inlet* dan *Outlet* karena nilai tersebut sudah mewakili kandungan mikroplastik sebelum dan sesudah mengalami tahap pengolahan IPAL. Hal tersebut disebabkan karena IPAL sebenarnya tidak didesain khusus untuk menyisihkan partikel mikroplastik secara langsung.<sup>19</sup>



Gambar 6. Efisiensi Penyisihan Mikroplastik

Rendahnya tingkat efisiensi penyisihan mikroplastik pada IPAL dipengaruhi oleh bentuk mikroplastik dan densitas partikel mikroplastik yang lebih rendah atau sama dengan densitas dari air limbah selama tahapan pengolahan yang dilalui. Kolam sedimentasi juga mempengaruhi persentase penyisihan mikroplastik pada air limbah karena partikel mikroplastik yang memiliki densitas tinggi cenderung tersuspensi dan akan terperangkap pada lumpur yang ada didasar kolam sedimentasi.<sup>30,31</sup>

### **Dampak Mikroplastik Pada Kesehatan**

Jumlah mikroplastik di lingkungan dipengaruhi oleh faktor seperti kepadatan penduduk, jarak ke pusat kota, waktu tinggal dan ukuran badan air, serta metode dan volume pengelolaan limbah. Selain itu, mikroplastik mengandung bahan kimia berbahaya yang dapat bertindak sebagai penghantar kontaminan, sehingga tidak hanya menyebabkan kerusakan fisik pada lingkungan tetapi juga paparan pada manusia.<sup>32</sup>

Paparan mikroplastik ini dapat menimbulkan toksisitas, stres oksidatif, dan peradangan, serta meningkatkan penyerapan partikel dalam tubuh yang berisiko mengganggu metabolisme, menimbulkan efek neurotoksik, dan memperbesar kemungkinan terjadinya kanker. Dengan demikian, kompleksitas faktor penyebab dan dampak mikroplastik saling terkait dalam satu rangkaian yang memengaruhi kesehatan lingkungan dan manusia secara menyeluruh.<sup>9,33</sup>

### **SIMPULAN**

Berdasarkan hasil penelitian, mikroplastik ditemukan di seluruh titik sampel IPAL Komunal Kota Denpasar dengan kelimpahan tertinggi pada hari libur dan di saluran Inlet, didominasi oleh bentuk fragmen dan fiber serta warna transparan, coklat, dan hitam yang diduga berasal dari aktivitas rumah tangga, sementara IPAL mampu mengurangi kandungan mikroplastik hingga 54,70%. Hal ini menunjukkan bahwa IPAL belum dirancang secara khusus untuk menyisihkan partikel mikroplastik.

### **DAFTAR PUSTAKA**

1. Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan RI. Sumber Sampah [Internet]. 2024. <https://sipsn.menlhk.go.id/sipsn/public/data/sumber>
2. Ester Suoth A, Nazir EN. Karakteristik Air Limbah Rumah Tangga Pada Salah Satu Perumahan Menengah Keatas Di Tangerang Selatan. J Ecolab [Internet]. 2016 Jul 1;10(2):80–8. <https://ejournal.fordamof.org/ejournal-litbang/index.php/JKLH/article/view/4844>. <https://doi.org/10.20886/JKLH.2016.10.2.80-88>
3. Layn AA, Emiyarti ., Ira . Distribusi Mikroplastik Pada Sedimen Di Perairan Teluk Kendari. J Sapa Laut (Jurnal Ilmu Kelautan) [Internet]. 2020 May 16;5(2):115. <https://doi.org/10.33772/jsl.v5i2.12165>
4. Wicaksono EA, Werorilangi S, Galloway TS, Tahir A. Distribution and Seasonal Variation of Microplastics in Tallo River, Makassar, Eastern Indonesia. Toxics [Internet]. 2021 Jun 1;9(6):129. <https://doi.org/10.3390/toxics9060129>
5. Gresi G, Panjaitan M, Yudha Perwira I, Putu N, Wijayanti P. Profil Kandungan dan Kelimpahan Mikroplastik pada Ikan Kakap Merah (*Lutjanus sp.*) yang Didaratkan di PPI Kedonganan, Bali. Curr Trends Aq Sci IV [Internet]. 2021;121(2):116–21. <https://ojs.unud.ac.id/index.php/ctas/article/view/61786>
6. Karuniasuti N. Bahaya Plastik terhadap Kesehatan dan Lingkungan. Swara Patra Maj Pusdiklat Migas [Internet]. 2013;3(1):6–14. <https://ejurnal.ppsdmmigas.esdm.go.id/sp/index.php/swarapatra/article/view/43/65>
7. Marhayuni Y, Faizi MN. Pembuatan Ipal (Instalasi Pengolahan Air Limbah) Bersistem Abr (Aerobic Baffled Reactor) Untuk Mengatasi Limbah Domestik Sebagai Pengamalan Q.S Al a'Raf Ayat 56. Pros Konf Integr Interkoneksi Islam Dan Sains [Internet]. 2022;4:35. <https://ejournal.uinsuka.ac.id/saintek/kiiis/issue/view/265>
8. Nugroho DH, Restu IW, Ernawati NM. Kajian Kelimpahan Mikroplastik di Perairan Teluk Benoa Provinsi Bali. Curr Trends Aquat Sci [Internet]. 2018 Aug 30;1(1):80. <https://doi.org/10.24843/CTAS.2018.v01.i01.p11>
9. Aulia A, Azizah R, Sulistyorini L, Rizaldi MA. Literature Review: Dampak Mikroplastik Terhadap Lingkungan Pesisir, Biota Laut dan Potensi Risiko Kesehatan. J Kesehat Lingkung Indones [Internet]. 2023 Oct 1;22(3):328–41. <https://doi.org/10.14710/jkli.22.3.328-341>
10. Wilyalodia HC. Seasonal Variability on Microplastic Polution In Water and Sediment of Ciliwung River. CSID J Infrastruct Dev [Internet]. 2023 Dec 31;6(2). <https://doi.org/10.7454/jid.v6.i2.1118>
11. Fitriandoni A, Dewata I. Identifikasi Mikroplastik Polyethylene (PE) Menggunakan Digesting Wet Peroxide Oxidation (WPO). Asian J Sci Technol Eng Art [Internet]. 2023 Nov 2;1(2):266–80. <https://ejournal.yasinalsys.org/index.php/AJSTEAA/article/view/2037>. <https://doi.org/10.58578/ajstea.v1i2.2037>
12. NOAA. Laboratory Methods for the Analysis of Microplastics in the Marine Environment: Recommendations for quantifying synthetic particles in waters and sediments. 2015;(July). [https://repository.library.noaa.gov/view/noaa/10296/noaa\\_10296\\_DS1.pdf](https://repository.library.noaa.gov/view/noaa/10296/noaa_10296_DS1.pdf)
13. Chaerunnisa R, U.S S. Persentase Penurunan Kadar Logam Berat Timbal pada Kerang Hijau (*Perna viridis*) Pasca Proses Depurasi oleh Nelayan Teluk Jakarta. EduBiologia Biol Sci Educ J [Internet]. 2021 Jul 7;1(2):121. <https://doi.org/10.30998/edubiologia.v1i2.9573>
14. Setiadewi N, Henny C, Rohaningsih D, Waluyo A, Soewondo P. Kelimpahan Mikroplastik pada Air Limbah Domestik dan Penyisihannya di IPAL Bojongsoang, Kota Bandung. J Ilmu Lingkung [Internet]. 2024 Feb

- 15;22(2):401–7. <https://doi.org/10.14710/jil.22.2.401-407>
15. Liu Y, Wang B, Pileggi V, Chang S. Methods to recover and characterize microplastics in wastewater treatment plants. *Case Stud Chem Environ Eng* [Internet]. 2022;5(January):100183. <https://doi.org/10.1016/j.cscee.2022.100183>
  16. Revel M, Châtel A, Mouneyrac C. Micro(nano)plastics: A threat to human health? *Curr Opin Environ Sci Heal* [Internet]. 2018 Feb 1;1:17–23. <https://doi.org/10.1016/j.coesh.2017.10.003>
  17. Le TMT, Truong TNS, Nguyen PD, Le QDT, Tran QV, Le TT, et al. Evaluation of microplastic removal efficiency of wastewater-treatment plants in a developing country, Vietnam. *Environ Technol Innov* [Internet]. 2023;29:102994. <https://doi.org/10.1016/j.eti.2022.102994>
  18. Tang N, Liu X, Xing W. Microplastics in wastewater treatment plants of Wuhan, Central China: Abundance, removal, and potential source in household wastewater. *Sci Total Environ* [Internet]. 2020 Nov 15;745:141026. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.141026>
  19. Reddy AS, Nair AT. The fate of microplastics in wastewater treatment plants : An overview of source and remediation technologies *Environmental Technology & Innovation The fate of microplastics in wastewater treatment plants : An overview of source and remediation technologi*. *Environ Technol Innov* [Internet]. 2022;28(August):102815. <https://doi.org/10.1016/j.eti.2022.102815>
  20. Tagg AS, Sapp M, Harrison JP, Sinclair CJ, Bradley E, Ju-Nam Y, et al. Microplastic Monitoring at Different Stages in a Wastewater Treatment Plant Using Reflectance Micro-FTIR Imaging. *Front Environ Sci* [Internet]. 2020 Aug 25;8(August):19. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2020.00145>
  21. Gies EA, LeNoble JL, Noël M, Etemadifar A, Bishay F, Hall ER, et al. Retention of microplastics in a major secondary wastewater treatment plant in Vancouver, Canada. *Mar Pollut Bull* [Internet]. 2018 Aug;133:553–61. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.06.006>
  22. Lv X, Dong Q, Zuo Z, Liu Y, Huang X, Wu W-M. Microplastics in a municipal wastewater treatment plant: Fate, dynamic distribution, removal efficiencies, and control strategies. *J Clean Prod* [Internet]. 2019 Jul;225:579–86. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.03.321>
  23. Liu X, Yuan W, Di M, Li Z, Wang J. Transfer and fate of microplastics during the conventional activated sludge process in one wastewater treatment plant of China. *Chem Eng J* [Internet]. 2019 Apr;362:176–82. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2019.01.033>
  24. Zhang Y, Kang S, Allen S, Allen D, Gao T, Sillanpää M. Atmospheric microplastics: A review on current status and perspectives. *Earth-Science Rev* [Internet]. 2020 Apr;203:103118. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2020.103118>
  25. Zhao X, Wang J, Yee Leung KM, Wu F. Color: An Important but Overlooked Factor for Plastic Photoaging and Microplastic Formation. *Environ Sci Technol* [Internet]. 2022 Jul 5;56(13):9161–3. <https://doi.org/10.1021/acs.est.2c02402>
  26. Zhou X, Zhao Y, Pang G, Jia X, Song Y, Guo A, et al. Microplastic abundance, characteristics and removal in large-scale multi-stage constructed wetlands for effluent polishing in northern China. *Chem Eng J* [Internet]. 2022 Feb;430:132752. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2021.132752>
  27. Serihollo LGG, Tangguda S, Cahyanurani AB, Sudiarsa IN, Pietoyo A, Deo AFG, et al. Kontaminasi Mikroplastik pada Rumput Laut dari Beberapa Lokasi Budidaya di Kabupaten Kupang, Nusa Tenggara Timur (NTT). *J Kesehat Lingkung Indones* [Internet]. 2025 Feb 28;24(1):37–45. <https://doi.org/10.14710/jkli.66992>
  28. Fitriyah A, Syafrudin S, Sudarno S. Identifikasi Karakteristik Fisik Mikroplastik di Sungai Kalimas, Surabaya, Jawa Timur. *J Kesehat Lingkung Indones* [Internet]. 2022 Oct 31;21(3):350–7. <https://doi.org/10.14710/jkli.21.3.350-357>
  29. Acarer Arat S. A review of microplastics in wastewater treatment plants in Türkiye: Characteristics, removal efficiency, mitigation strategies for microplastic pollution and future perspective. *Water Sci Technol* [Internet]. 2024 Apr 1;89(7):1771–86. <https://doi.org/10.2166/wst.2024.082>
  30. Kooi M, Koelmans AA. Simplifying Microplastic via Continuous Probability Distributions for Size, Shape, and Density. *Environ Sci Technol Lett* [Internet]. 2019 Sep 10;6(9):551–7. <https://doi.org/10.1021/acs.estlett.9b00379>
  31. Liu W, Zhang J, Liu H, Guo X, Zhang X, Yao X, et al. A review of the removal of microplastics in global wastewater treatment plants: Characteristics and mechanisms. *Environ Int* [Internet]. 2021;146:106277. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2020.106277>
  32. Yuliana ND. Kajian Dampak Mikroplastik di Sungai dan Air Minum terhadap Lingkungan Hidup dan Kesehatan Manusia. Undergrad thesis [Internet]. 2021; <http://repository.its.ac.id/id/eprint/85319>
  33. Kehinde O, Ramonu OJ, Babaremu KO, Justin LD. Heliyon Plastic wastes : environmental hazard and instrument for wealth creation in Nigeria. *Heliyon* [Internet]. 2020;6(July):e05131. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e05131>