

# Kelimpahan Mikroplastik pada Air Limbah Domestik dan Penyisihannya di IPAL Bojongsoang, Kota Bandung

Nurul Setiadewi<sup>1</sup>, Cynthia Henny<sup>1</sup>, Denalis Rohaningsih<sup>1</sup>, Agus Waluyo<sup>1</sup>, Prayatni Soewondo<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Pusat Riset Limnologi dan Sumber Daya Air, Badan Riset dan Inovasi Nasional; e-mail: [nuru026@brin.go.id](mailto:nuru026@brin.go.id)

<sup>2</sup>Departemen Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan, Institut Teknologi Bandung

## ABSTRAK

Mikroplastik dapat masuk ke Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) melalui jaringan perpipaan air limbah. Keberadaan IPAL berpotensi mengurangi jumlah mikroplastik yang masuk sebagai influen. Meski demikian, efluen IPAL masih mengandung mikroplastik dengan rentang konsentrasi yang bervariasi. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi keberadaan mikroplastik serta karakterisasinya pada air limbah yang berasal dari IPAL perkotaan di Bojongsoang Kota Bandung. Metode pengambilan sampel, ekstraksi, kuantifikasi, dan karakterisasi dilakukan berdasarkan penelitian sebelumnya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa mikroplastik terdeteksi di influen IPAL Bojongsoang dengan konsentrasi sebesar 15,45 partikel/liter dan berkurang menjadi sebesar rata-rata 1,49 partikel/liter di efluen. Berdasarkan bentuknya, fiber ditemukan paling dominan berada baik di influen maupun efluen, dengan kisaran 60,51-79,01%. Bentuk lainnya yang mendominasi adalah fragmen dengan rentang persentase 19,41-36,89%. Sementara, bentuk mikroplastik film, foam, dan microbead tidak banyak terdeteksi pada air limbah, dengan persentase rata-rata di bawah 5%. Mikroplastik berukuran 1000-5000 µm paling banyak ditemukan di inlet dibandingkan ukuran yang lebih kecil, dengan persentase sebesar 31,71%. Di titik outlet, mikroplastik banyak ditemukan yang berukuran di bawah 500 µm, dengan kisaran 7,27 - 24,95%. Warna mikroplastik di influen dan efluen yang ditemukan paling banyak adalah putih atau transparan (34,87 - 40,13%) dan hitam (14,54 - 23,14%). Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa keberadaan IPAL Bojongsoang dapat menyisihkan mikroplastik yang terdapat pada air limbah secara efektif, dengan efisiensi penyisihan sebesar 89,97%.

**Kata kunci:** mikroplastik, air limbah domestik, kelimpahan, karakteristik, IPAL

## ABSTRACT

Microplastics (MPs) can enter the Wastewater Treatment Plants (WWTPs) through the sewerage system. The existence of WWTPs has a potential to reduce the amount of MPs that enter as an influent. However, WWTP effluent still contains microplastics with varying concentration ranges. This study aims to identify the occurrence of microplastics and their characterization in wastewater from urban WWTPs in Bojongsoang, Bandung City. Sampling, extraction, quantification, and characterization methods were carried out based on relevant previous studies. The results showed that microplastics were detected in the Bojongsoang WWTP influent with a concentration of 15,45 particles/liter and reduced to 1,49 particles/liter in the effluent. Based on its shape, the fiber was mostly detected in both influent and effluent, with a range of 60.51-79.01%. The other dominating shape was fragment with a percentage range of 19.41-36.89%. Meanwhile, the other shape of microplastic such as film, foam, and microbeads was not much detected in wastewater, with an average percentage below 5%. Microplastics with size 1000-5000 µm was most commonly found in inlet compared to smaller sizes, with a percentage of 31.71%. At the effluent, microplastics with size below 500 µm were found with a range of 7.27-24.95%. The most common colors of microplastic in the influent and effluent were white or transparent (34.87 - 40.13%) and black (14.54 - 23.14%). The results of this study indicate that the existence of the Bojongsoang WWTP can effectively remove microplastics contained in wastewater, with a removal efficiency of 89.97%.

**Keywords:** microplastics, domestic wastewater, occurrence, characteristic, WWTP

**Citation:** Setiadewi, N., Henny, C., dan Soewondo, P. (2024). Kelimpahan Mikroplastik pada Air Limbah Domestik dan Penyisihannya di IPAL Bojongsoang Kota Bandung. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 22(2), 401-407, doi:10.14710/jil.22.2.401-407

## 1. Pendahuluan

Isu lingkungan mengenai pencemaran mikroplastik kian meningkat sepanjang waktu.

Mikroplastik dapat didefinisikan sebagai partikel berukuran mikron, dengan ukuran lebih kecil dari 5 mm (Arthur dkk., 2009). Mikroplastik dapat

diklasifikasikan berdasarkan sumbernya, yakni primer dan sekunder. Mikroplastik primer merupakan plastik atau partikel yang secara sengaja dibuat dalam ukuran mikron untuk suatu kepentingan tertentu, seperti untuk produk perawatan pribadi, diantaranya pasta gigi, kosmetik, sabun, maupun dari serat sintetis yang lolos akibat kegiatan pencucian kain atau pakaian. Mikroplastik primer dapat lepas secara langsung melalui sistem perpipaan air limbah dan lepas ke lingkungan. Sedangkan, mikroplastik sekunder merupakan partikel yang berasal dari hasil proses fragmentasi partikel yang lebih besar menjadi berukuran mikron. Perubahan ukuran tersebut terjadi secara tidak sengaja akibat kombinasi proses fisika, kimia, dan biologi yang terjadi di lingkungan (Browne dkk., 2011; Crawford & Quinn, 2017). Ukuran mikroplastik yang sangat kecil dan ringan membuatnya dapat dengan mudah masuk ke dalam perairan dan dapat mengancam kehidupan organisme di lingkungan akuatik (Wang dkk., 2018).

Mikroplastik bisa masuk ke perairan dengan berbagai cara, salah satunya yaitu dari Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL). Mikroplastik yang lepas dari sumbernya ke perairan dapat masuk ke IPAL melalui jaringan perpipaan air limbah dan secara bersamaan juga keluar dari IPAL sebagai efluen. Keberadaan IPAL sebenarnya dapat berpotensi mengurangi konsentrasi mikroplastik di lingkungan perairan. Meski demikian, efluen yang dikeluarkan dari IPAL juga ternyata masih mengandung mikroplastik. Berdasarkan penelitian sebelumnya, konsentrasi mikroplastik di influen IPAL domestik skala perkotaan berada pada kisaran 1 hingga 31400 partikel/liter. Sedangkan di efluen, konsentrasi mikroplastik ditemukan pada rentang 0 hingga 447 partikel/liter (Carr dkk., 2016; Hidayatullah & Lee, 2019; Murphy dkk., 2016; Sun dkk., 2019). Keberadaan IPAL dapat dianggap sebagai sumber mikroplastik yang lepas ke lingkungan perairan (Murphy dkk., 2016; Talvitie dkk., 2017). Produksi air limbah di IPAL terjadi secara kontinu dan jumlahnya bisa dipengaruhi oleh volume air limbah yang diolah dan dihasilkan setiap hari (Zhou dkk., 2022).

Di Indonesia, mikroplastik telah terdeteksi terdapat pada air limbah yang berasal dari salah satu IPAL domestik perkotaan di kota Jakarta. Konsentrasi mikroplastik yang ditemukan di influen IPAL sebesar 17,1 partikel/liter. Mikroplastik tersisihkan selama proses pengolahan di IPAL. Konsentrasi mikroplastik di efluen IPAL ditemukan sebesar 1,41 partikel/liter. Fiber ditemukan berada paling dominan diantara bentuk mikroplastik lainnya, dengan persentase sebesar 68 - 70,17% (Setiadewi dkk., 2023). Hasil penelitian tersebut menjadi temuan pertama mengenai keberadaan mikroplastik di air limbah yang berasal dari IPAL skala perkotaan di Indonesia. Hasil studi mengenai kelimpahan dan karakteristik mikroplastik di influen IPAL memiliki implikasi yang penting terkait beban pencemar mikroplastik di perairan (Ziajahromi dkk., 2016). Hal ini berguna untuk memperoleh pemahaman dasar

dan menyeluruh serta untuk mengetahui perilaku pencemar mikroplastik di IPAL.

Meski demikian, penelitian mengenai identifikasi mikroplastik pada air limbah domestik dari IPAL perkotaan di Indonesia masih sangat terbatas, sehingga masih diperlukan investigasi keberadaan mikroplastik pada beberapa lokasi lainnya, khususnya kota-kota besar di Indonesia. Penelitian ini bertujuan antara lain: (1) untuk mendeteksi keberadaan mikroplastik pada air limbah di IPAL; (2) mengetahui karakteristik mikroplastik yang ditemukan di influen dan efluen IPAL; (3) mengetahui efisiensi penyisihan mikroplastik selama proses pengolahan di IPAL. Hasil penelitian ini diharapkan dapat digunakan untuk mendukung ketersediaan data ilmiah terkait mikroplastik di perairan. Selain itu, hasil penelitian ini diharapkan bisa memberikan informasi yang berguna tentang potensi pengolahan di IPAL dalam menyisihkan mikroplastik yang ada pada air limbah.

## 2. Metode Penelitian

### 2.1. Lokasi dan Metode Sampling

Penelitian dilakukan dengan mengambil sampel secara langsung di IPAL Bojongsong Kota Bandung. Sampling dilakukan pada bulan Maret 2022. Metode pengambilan sampel mikroplastik dilakukan berdasarkan penelitian sebelumnya yang relevan (W. Liu dkk., 2021; Sun dkk., 2019; Zhou dkk., 2022b). Metode *grab sample* digunakan pada penelitian ini untuk mengumpulkan sampel mikroplastik pada air limbah (W. Liu dkk., 2021). Sebagaimana yang dapat dilihat pada Gambar 1, bahwa sampel yang diambil berasal dari inlet IPAL (B1) dan outlet IPAL. Outlet IPAL Bojongsong terbagi menjadi 2 (dua) titik, yakni keluaran air olahan (efluen) dari kolam maturasi A (B2) dan dari kolam maturasi B (B3). Volume air sampel yang diambil di inlet sebanyak 10 liter, sedangkan di outlet sebanyak masing-masing 50 liter. Sampel air diambil pada masing-masing titik sebanyak dua kali (duplikat). Sampel diambil dengan menggunakan ember berbahan *stainless steel* untuk meminimalisir kontaminan plastik pada saat analisis. Sampel air disaring dengan jaring plankton berukuran 300  $\mu\text{m}$  dan 100  $\mu\text{m}$ . Setelah penyaringan, jaring dibilas sebanyak minimal 3 kali untuk memastikan semua partikel tersaring. Sampel yang diperoleh kemudian dipindahkan ke dalam botol sampel berukuran 250 mL dan disimpan dalam wadah pendingin sebelum dilakukan analisis lebih lanjut.

### 2.2. Pre-treatment Sampel Mikroplastik

*Pre-treatment* sampel mikroplastik bertujuan untuk menghilangkan pengotor dan mengekstraksi mikroplastik pada sampel air, dengan tidak merusak partikel mikroplastik pada sampel tersebut. Proses ini terdiri dari tiga tahap antara lain: *digestion* bahan organik, pemisahan densitas, dan ekstraksi mikroplastik (Tan dkk., 2022). Proses *Digestion* dilakukan dengan menambahkan secara bertahap larutan hidrogen peroksida ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ) 30% sebanyak  $\pm$  20 mL dan dipanaskan menggunakan *hot plate* dengan

suhu 60°C sambil diaduk untuk mempercepat reaksi. Selanjutnya, sampel didinginkan hingga mencapai suhu ruangan (Lares dkk., 2018). Tahap selanjutnya adalah proses pemisahan densitas untuk memisahkan plastik dengan material non-plastik pada sampel. Tahap ini dilakukan dengan berdasarkan perbedaan densitas antara material polimer dan media sampel. Larutan yang digunakan adalah *zinc chloride* (ZnCl<sub>2</sub>) dengan nilai kerapatan sebesar 1,5 gr/cm<sup>3</sup>. Sebanyak 15 mL ZnCl<sub>2</sub> ditambahkan ke dalam sampel, diaduk sebentar, lalu didiamkan selama 24-48 jam. Supernatan dengan partikel mikroplastik yang mengapung disaring dengan saringan bertingkat (100, 300, 500, 1000 µm). Tiap saringan dibilas dengan air distilasi dan langsung disaring kembali dengan vacuum filter dengan corong kaca *Buchner* dan kertas saring GF/C berukuran 1,2 µm. Kertas saring tersebut disimpan dalam petri kaca tertutup untuk menghindari kontaminasi dan dikeringkan dalam oven dengan suhu 70°C selama 30-60 menit.

### 2.3. Perhitungan dan Karakteristik Mikroplastik

Pada penelitian ini, perhitungan dan karakteristik mikroplastik dilakukan dengan cara visual. Partikel mikroplastik yang terdapat pada sampel dihitung dan diidentifikasi dengan menggunakan *stereomicroscope* (Olympus SZ61). Mikroplastik yang diperoleh diklasifikasi berdasarkan warna, bentuk, dan ukurannya (Zhou dkk., 2022a). Data yang diperoleh dapat dituliskan sebagai jumlah partikel per liter air limbah, sebagaimana persamaan 1.

$$\frac{MP}{L} = \frac{\text{Jumlah partikel MP}}{\text{Volume air sampel}} \quad (1)$$

Efisiensi penyisihan mikroplastik dihitung dengan membandingkan jumlah mikroplastik di inlet dengan yang di outlet, yang kemudian dinyatakan dalam satuan persentase, sebagaimana persamaan 2.

$$ER = \frac{C_{in} - C_{out}}{C_{in}} \times 100\% \quad (2)$$

## 3. Hasil dan Pembahasan

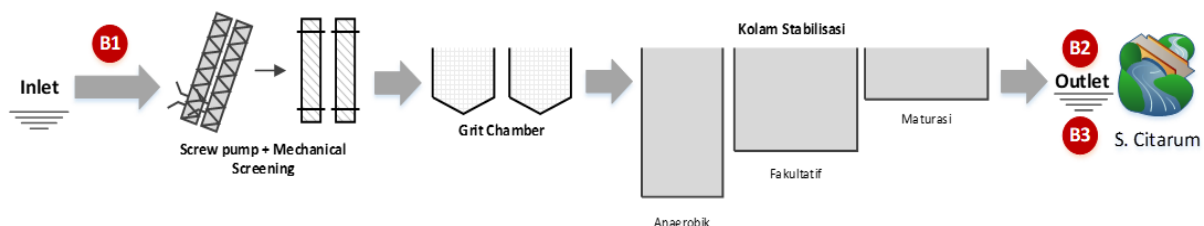
### 3.1. Konsentrasi Mikroplastik pada Air Limbah dan Efisiensi Penyisihannya

IPAL Bojongsong mengolah air limbah domestik yang berasal dari kegiatan domestik di area Kota

Bandung. Cakupan area pelayanan IPAL Bojongsong antara lain Bandung Timur, Bandung Tengah dan Bandung Selatan. Sistem pengolahan air limbah yang digunakan pada IPAL Bojongsong adalah dengan memanfaatkan kolam stabilisasi yang terdiri dari 3 (tiga) tahap yakni aerobik, fakultatif, dan maturasi. Hasil olahan berupa efluen dari IPAL dialirkan secara langsung menuju badan air yaitu anak Sungai Citarum.

Berdasarkan Tabel 1, mikroplastik ditemukan pada influen dan efluen IPAL Bojongsong dengan konsentrasi tertentu. Konsentrasi mikroplastik ditemukan di inlet IPAL sebesar 15,45 partikel/liter, sedangkan konsentrasi mikroplastik yang ditemukan di outlet sebesar 1,49 partikel/liter. Konsentrasi mikroplastik yang ditemukan di inlet IPAL Bojongsong memiliki kesamaan dengan jumlah mikroplastik yang ditemukan di inlet IPAL Swedia, yakni sekitar 15,1 partikel/liter (Magnusson & Norén, 2014). Keberadaan mikroplastik pada air limbah domestik dapat berasal dari berbagai sumber dan jumlahnya dapat dipengaruhi oleh jumlah populasi wilayah dan aktivitas manusia (Y. Liu dkk., 2022).

Berdasarkan tinjauan literatur penelitian sebelumnya di berbagai negara di dunia, konsentrasi mikroplastik di influen berkisar 1-31400 partikel/liter, sedangkan di efluen berkisar 0-447 partikel/liter (Carr dkk., 2016; Hidayatullah & Lee, 2019; Murphy dkk., 2016; Sun dkk., 2019). Besarnya perbedaan kisaran konsentrasi yang dilaporkan di beberapa IPAL berbagai wilayah tersebut dapat disebabkan karena faktor-faktor, antara lain sumber air limbah, area layanan, keberagaman cuaca, sistem perpipaan air limbah, penggunaan teknik sampling yang berbeda, pendekatan *pre-treatment* yang diterapkan, dan pemanfaatan unit pengolahan IPAL (Ali dkk., 2021). Total buangan mikroplastik dari IPAL ke perairan masih relatif tinggi dikarenakan produksi air limbah yang berlangsung secara kontinu dan dalam jumlah yang besar (Y. Liu dkk., 2022). Estimasi produksi mikroplastik yang dihasilkan tiap hari dengan kapasitas pengolahan 80.000 m<sup>3</sup> air limbah, yakni 1196 x 10<sup>5</sup> partikel per hari. Tingginya emisi mikroplastik dari IPAL mengindikasikan masih perlunya teknologi pengolahan untuk mencegah pelepasan mikroplastik secara bebas ke lingkungan perairan (Ali dkk., 2021).



**Gambar 1** Skematik Sistem Pengolahan Air Limbah di IPAL Bojongsong (B1: inlet; B2: outlet kolam maturasi A; B3: outlet kolam maturasi B)

**Tabel 1.** Konsentrasi dan Penyisihan Mikroplastik pada Setiap Titik Sampling

Titik Sampling	Konsentrasi MP (partikel/liter)	% Removal
B1	17,1 (± 5,65)	-
B2	1,65 (± 0,21)	89,08% (± 1,67)
B3	1,34 (±0,11)	90,86% (± 3,28)

B1 = influen, B2 = efluen di kolam maturasi A, B3 = efluen di kolam maturasi B

Meski demikian, penurunan konsentrasi mikroplastik dari inlet menuju outlet IPAL menunjukkan bahwa terjadi penyisihan partikel mikroplastik selama proses pengolahan di IPAL. Efisiensi penyisihan mikroplastik yang diperoleh sebesar 89,97%. Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian-penelitian sebelumnya dengan rentang efisiensi penyisihan mikroplastik di IPAL antara 50-98% (Lares dkk., 2018). Tinggi rendahnya efisiensi penyisihan mikroplastik ini dapat dipengaruhi oleh jenis pengolahan yang digunakan di IPAL (Ali dkk., 2021). IPAL Bojongsoang menggunakan kolam stabilisasi sebagai unit pengolahan utama dalam sistem pengolahan air limbahnya. Meski demikian, unit pengolahan pendahuluan seperti *bar screen* dan *grit chamber* sebagai pengolahan secara fisika dapat berperan penting terhadap penyisihan mikroplastik pada air limbah. Penelitian sebelumnya Hidayaturrahman (2019) menyebutkan bahwa mikroplastik utamanya tersisihkan pada proses fisika, meskipun juga dapat terbantu oleh proses-proses lainnya, seperti biologi maupun kimia. Unit pengolahan pendahuluan dan primer dapat menyisihkan mikroplastik pada air limbah secara efektif (Y. Liu dkk., 2022; Sun dkk., 2019). Peran kolam stabilisasi dalam menyisihkan mikroplastik dapat terjadi karena proses sedimentasi dengan pengendapan partikel. Penelitian sebelumnya menyebutkan bahwa mikroplastik juga dapat ditemukan di lumpur sebagai produk samping dari proses pengolahan di IPAL (Nur dkk., 2022). Meski demikian, penelitian mengenai jumlah mikroplastik yang dihasilkan pada setiap tahapan proses di IPAL beserta efisiensi penyisihannya masih perlu dilakukan di masa mendatang. Hal ini menjadi keterbatasan pada penelitian ini sekaligus potensi untuk penelitian lanjutan, sehingga informasi dan data ilmiah yang diperoleh dapat lebih akurat.

### 3.2. Karakteristik Mikroplastik pada Air Limbah Domestik

Karakteristik mikroplastik berdasarkan bentuknya yang ditemukan pada air limbah di IPAL Bojongsoang dapat dilihat pada Gambar 2. Berdasarkan hasil penelitian, bentuk mikroplastik yang dominan ditemukan pada air limbah di IPAL Bojongsoang adalah jenis fiber. Distribusi fiber di inlet sebesar 60,51% dan di outlet sebesar 66,67% untuk titik outlet dari kolam maturasi A dan 79,10% untuk titik outlet dari kolam maturasi B. Bentuk lainnya yang juga banyak ditemukan pada air limbah yaitu fragmen. Sebaran fragmen yang ditemukan yakni sebesar 36,89% di inlet dan di outlet rata-rata sebesar

23,33%. Sementara itu, bentuk lain seperti *microbead* (0-2,21%), film (1,1-3,3%), dan *foam* (0,54-2,22%) ditemukan dalam jumlah yang relatif kecil, yakni dengan persentase di bawah 5%.

Bentuk mikroplastik dapat mempengaruhi efisiensi penyisihan yang terjadi di IPAL selama proses pengolahannya (W. Liu dkk., 2021). Jumlah mikrofiber yang melimpah pada titik outlet dari kolam maturasi A dan B dapat disebabkan karena bentuk dari fiber yang tipis dan memanjang, sehingga dapat lebih mudah lolos dan melaju berpindah karena aliran arus selama proses pengolahan air limbah. Jumlah fiber yang melimpah pada air limbah dapat disebabkan karena tingginya serat yang lolos akibat aktivitas pembuangan air bekas cucian pakaian (Carr dkk., 2016; Sun dkk., 2019).

Berbeda dengan fiber, mikroplastik yang dikategorikan sebagai fragmen mempunyai ciri khas dengan bentuk yang tidak beraturan, yang mana dapat berasal dari proses fragmentasi produk plastik (Carr dkk., 2016). Hal ini juga yang dapat menyebabkan fragmen lebih mudah tertahan selama proses pengolahan atau penyisihannya (W. Liu dkk., 2021).

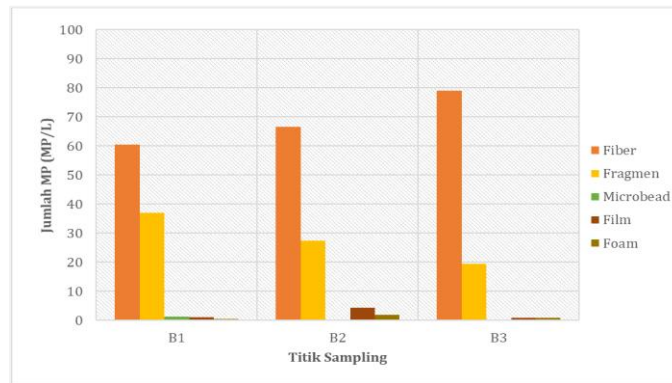
Sumber partikel mikroplastik berbentuk film dan *foam* dapat berasal dari erosi kantong plastik dan produk kemasan, sedangkan *microbead* atau pelet yang ditemukan pada air limbah dapat berasal dari produk perawatan pribadi seperti sabun, pasta gigi atau kosmetik. Bentuk yang dihasilkan juga dapat bulat dan atau tidak beraturan. Partikel yang tidak beraturan tersebut dapat disebabkan oleh produk plastik yang terkikis oleh proses yang terjadi di alam, atau misalnya seperti perpecahan partikel mikroplastik primer menjadi sekunder (Tan dkk., 2022). Misalnya, dari 1 butir partikel plastik yang berasal dari produk pembersih dapat melepaskan ribuan partikel berukuran mikro. Oleh karena itu, teknologi pengolahan air limbah rumah tangga sangat berperan penting dalam mengendalikan pencemaran mikroplastik dari sumbernya.

Mikroplastik juga diklasifikasikan berdasarkan ukurannya, sebagaimana dapat dilihat pada Gambar 3. Pada titik inlet IPAL, mikroplastik berukuran 1000-5000 µm paling banyak ditemukan dibandingkan dengan ukuran dibawahnya, yakni dengan persentase sebesar 31,71%. Pada titik outlet di kolam maturasi A (B2), ukuran mikroplastik yang terbesar ditemukan sejumlah 22,42% dan di kolam maturasi B (B3) sebesar 32,83%. Total kelimpahan mikroplastik dengan ukuran 1000-5000 µm memiliki kecenderungan yang sama dengan ukuran dibawahnya, yakni 500-1000 µm, yang mana terdapat

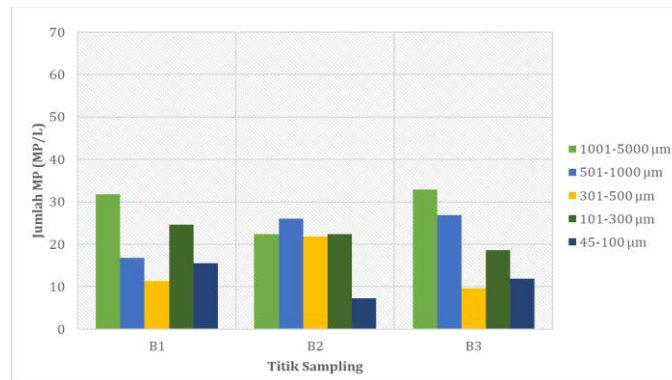
peningkatan kelimpahan mikroplastik lebih besar di outlet IPAL. Hal ini dapat dikarenakan IPAL Bojongsoang yang merupakan sistem pengolahan air limbah secara terbuka dan dapat dikunjungi oleh masyarakat secara bebas, sehingga kebijakan ini dapat memicu kemungkinan terjadinya penimbunan sampah plastik di tengah kolam akibat aktivitas masyarakat sekitar, yang kemudian terbawa oleh arus air menuju kolam-kolam pengolahan selanjutnya. Meski demikian, hal ini masih perlu penelitian lebih lanjut untuk menginvestigasi pengaruh dari perilaku masyarakat sekitar sebagai pengunjung IPAL.

Pada Gambar 3 juga dapat dilihat bahwa mikroplastik yang berukuran lebih kecil yaitu di bawah 500 µm banyak ditemukan di titik outlet, yakni pada ukuran 300-500 µm (7,9-21,11%), 100-300 µm

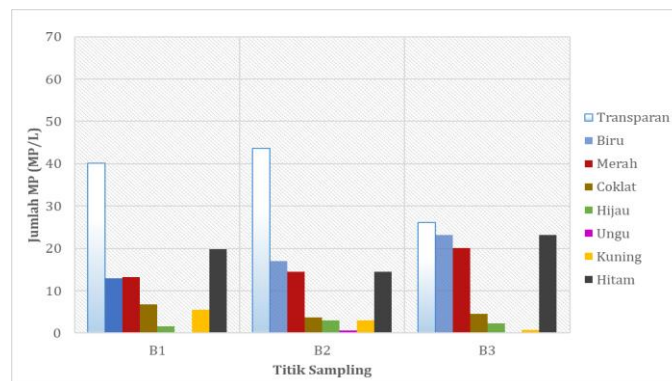
(15,8-22,7%), dan 45-100 µm (8,8-16,2%). Mikroplastik yang diperoleh dengan ukuran yang kecil di titik inlet dapat disebabkan karena proses fragmentasi yang terjadi selama transportasi di pipa saluran pembuangan menuju inlet IPAL (Magni dkk., 2019). Proses fragmentasi yang terjadi mengakibatkan partikel menjadi terpecah atau hancur, sehingga ukurannya mengecil. Meski demikian, adanya proses penyisihan dari sistem pengolahan pendahuluan di IPAL mengakibatkan partikel yang lebih besar dapat tersisihkan lebih banyak, sementara partikel yang lebih kecil ukurannya masih mungkin dapat lolos ke unit pengolahan selanjutnya, bahkan hingga ke efluen (Tan dkk., 2022).



**Gambar 2** Karakteristik Mikroplastik Berdasarkan Bentuknya



**Gambar 3** Karakteristik Mikroplastik Berdasarkan Ukurannya



**Gambar 4** Karakteristik Mikroplastik Berdasarkan Warnanya

Berdasarkan warnanya, mikroplastik diklasifikasikan menjadi 8 (delapan) warna, yang mana sesuai dengan yang ditemukan selama pengamatan secara visual menggunakan mikroskop. Sebagaimana dapat dilihat pada Gambar 4, bahwa mikroplastik yang ditemukan di inlet maupun outlet IPAL mayoritas berwarna transparan dan/atau putih, yakni sebesar 40,13% di inlet dan rata-rata sebesar 34,87% di outlet. Penelitian sebelumnya oleh Zhou dkk (2022) dan Ali dkk (2021) juga menyebutkan bahwa warna mikroplastik yang mendominasi berada di air limbah adalah transparan dan putih, sekitar 40-75%.

Pada Gambar 4 juga dapat dilihat bahwa warna lainnya yang juga mendominasi antara lain merah (14,05-26,98%), biru (11,89-16,67%), dan hitam (11,11-22,22%). Sedangkan, warna mikroplastik lainnya, seperti kuning, hijau, coklat, dan ungu ditemukan juga di inlet dan outlet, namun dalam jumlah yang sedikit, yakni kurang dari 10%. Menurut Ali (2021), keberadaan partikel warna bahkan juga transparan dalam air limbah dapat berasal dari banyaknya serat tekstil pakaian dan produk perawatan pribadi maupun kosmetik yang terlepas melalui proses pencucian rumah tangga. Selain itu, partikel transparan juga dapat berasal dari pelepasan produk kemasan seperti botol plastik, tas kantong plastik (Ali dkk., 2021).

Sebaran warna mikroplastik di lingkungan perairan dapat mempengaruhi kelangsungan hidup biota yang hidup di air. Partikel plastik berwarna dapat dengan mudah tertelan secara tidak sengaja oleh predator karena memiliki kesamaan visual dengan mangsanya. Lebih lagi, hal ini dapat menyebabkan kerusakan langsung pada predator tersebut seperti mati, cacat organ, dan atau mengalami malnutrisi (Ali dkk., 2021). Mikroplastik yang berwarna juga dapat berikatan dengan polutan beracun lainnya yang terdapat pada air limbah, seperti logam berat maupun polutan organik. Hal ini dapat berimplikasi pada penghambatan pembuangan polutan secara keseluruhan pada IPAL (Qin dkk., 2020). Selain itu, partikel tersebut juga dapat berinteraksi dengan flok lumpur atau bakteri ekstraseluler yang mungkin terdapat pada kolam anaerobik, sehingga partikel tertahan saat proses sedimentasi (Ziajahromi dkk., 2017). Hal ini menjadi keterbatasan pada penelitian ini terkait perlunya dilakukan penelitian yang lebih lanjut di masa mendatang untuk mengetahui perilaku polutan mikroplastik pada air limbah, khususnya di IPAL.

#### 4. Kesimpulan

Penelitian ini mengidentifikasi keberadaan mikroplastik pada air limbah dan mengkarakterisasi berdasarkan bentuk, warna, dan ukurannya, serta menghitung efisiensi penyisihan pada IPAL Bojongsoang. Berdasarkan hasil penelitian ini, dapat diperoleh kesimpulan antara lain:

- Mikroplastik terdeteksi pada air limbah di IPAL, baik di influen maupun efluen IPAL Bojongsoang.
- Konsentrasi di efluen IPAL menurun dibandingkan di influen, mengindikasikan terjadi penyisihan mikroplastik dengan efisiensi sebesar 89,97%.
- Bentuk mikroplastik yang paling banyak ditemukan adalah fiber, diikuti bentuk lainnya seperti fragmen, foam, film dan *microbead*. Ukuran 1000-5000  $\mu\text{m}$  paling banyak ditemukan di area inlet, sedangkan di area outlet lebih banyak ditemukan pada ukuran di bawah 500  $\mu\text{m}$ .
- Karakteristik mikroplastik pada air limbah khususnya di IPAL berpotensi mempengaruhi keberadaan dan transportasinya serta kelangsungan hidup biota yang hidup di air.
- Total buangan mikroplastik dari IPAL masih relatif tinggi dengan produksi air limbah yang dihasilkan secara kontinu setiap harinya.
- Masih diperlukan penelitian lanjutan untuk mengetahui jumlah kelimpahan mikroplastik pada air limbah di setiap unit pengolahan beserta efisiensi penyisihannya.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Ali, I., Ding, T., Peng, C., Naz, I., Sun, H., Li, J., & Liu, J. (2021). Micro- and nanoplastics in wastewater treatment plants: Occurrence, removal, fate, impacts and remediation technologies - A critical review. *Chemical Engineering Journal*, 423(April), 130205. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2021.130205>
- Arthur, C., Baker, J., & Bamford, H. (2009). Proceedings of the International Research Workshop on the Occurrence, Effects, and Fate of Microplastic Marine Debris. *Group, January*, 530.
- Browne, M. A., Crump, P., Niven, S. J., Teuten, E., Tonkin, A., Galloway, T., & Thompson, R. (2011). Accumulation of microplastic on shorelines worldwide: Sources and sinks. *Environmental Science and Technology*, 45(21), 9175-9179. <https://doi.org/10.1021/es201811s>
- Carr, S. A., Liu, J., & Tesoro, A. G. (2016). Transport and fate of microplastic particles in wastewater treatment plants. *Water Research*, 91, 174-182. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2016.01.002>
- Crawford, C. B., & Quinn, B. (2017). Microplastics, standardisation and spatial distribution. *Microplastic Pollutants*, 101-130. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-809406-8.00005-0>
- Hidayaturrahman, H., & Lee, T. G. (2019). A study on characteristics of microplastic in wastewater of South Korea: Identification, quantification, and fate of microplastics during treatment process. *Marine Pollution Bulletin*, 146(June), 696-702. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.06.071>
- Lares, M., Ncibi, M. C., Sillanpää, M., & Sillanpää, M. (2018). Occurrence, identification and removal of microplastic particles and fibers in conventional activated sludge process and advanced MBR technology. *Water Research*, 133, 236-246. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2018.01.049>
- Liu, W., Zhang, J., Liu, H., Guo, X., Zhang, X., Yao, X., Cao, Z., & Zhang, T. (2021). A review of the removal of microplastics in global wastewater treatment plants:

- Setiadewi, N., Henny, C., dan Soewondo, P. (2024). Kelimpahan Mikroplastik pada Air Limbah Domestik dan Penyisihannya di IPAL Bojongsong Kota Bandung. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 22(2), 401-407, doi:10.14710/jil.22.2.401-407
- Characteristics and mechanisms. *Environment International*, 146, 106277. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2020.106277>
- Liu, Y., Wang, B., Pileggi, V., & Chang, S. (2022). Methods to recover and characterize microplastics in wastewater treatment plants. *Case Studies in Chemical and Environmental Engineering*, 5, 100183. <https://doi.org/10.1016/j.csee.2022.100183>
- Magni, S., Binelli, A., Pittura, L., Avio, C. G., Della Torre, C., Parenti, C. C., Gorbi, S., & Regoli, F. (2019). The fate of microplastics in an Italian Wastewater Treatment Plant. *Science of the Total Environment*, 652, 602–610. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.10.269>
- Magnusson, K., & Norén, F. (2014). Screening of microplastic particles in and down-stream a wastewater treatment plant. *IVL Swedish Environmental Research Institute, C 55(C)*, 22.
- Murphy, F., Ewins, C., Carbonnier, F., & Quinn, B. (2016). Wastewater Treatment Works (WwTW) as a Source of Microplastics in the Aquatic Environment. *Environmental Science and Technology*, 50(11), 5800–5808. <https://doi.org/10.1021/acs.est.5b05416>
- Nur, A., Soewondo, P., Setiyawan, A. S., Oginawati, K., & Author, C. (2022). *THE OCCURRENCE OF MICROPLASTICS ON THE START-UP PROCESS OF AN ANOXIC BIOFILM BATCH REACTOR*. 22(90), 63–70.
- Qin, R., Su, C., Liu, W., Tang, L., Li, X., Deng, X., Wang, A., & Chen, Z. (2020). Effects of exposure to polyether sulfone microplastic on the nitrifying process and microbial community structure in aerobic granular sludge. *Bioresource Technology*, 302(January), 122827. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2020.122827>
- Setiadewi, N., Henny, C., Rohaningsih, D., Waluyo, A., & Soewondo, P. (2023). Microplastic occurrence and characteristics in a municipal wastewater treatment plant in Jakarta. *IOP Conference Series: Environmental and Earth Sciences*, 1201. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1201/1/012053>
- Sun, J., Dai, X., Wang, Q., van Loosdrecht, M. C. M., & Ni, B. J. (2019). Microplastics in wastewater treatment plants: Detection, occurrence and removal. *Water Research*, 152, 21–37. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2018.12.050>
- Talvitie, J., Mikola, A., Koistinen, A., & Setälä, O. (2017). Solutions to microplastic pollution – Removal of microplastics from wastewater effluent with advanced wastewater treatment technologies. *Water Research*, 123, 401–407. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2017.07.005>
- Tan, Y., Wu, S., Zhang, J., Dai, J., & Wu, X. (2022). Characteristics, occurrence and fate of non-point source microplastic pollution in aquatic environments. *Journal of Cleaner Production*, 130766. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.130766>
- Wang, F., Wong, C. S., Chen, D., Lu, X., Wang, F., & Zeng, E. Y. (2018). *Accepted Manuscript*. 3–5. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2018.04.003>. This
- Zhou, X., Zhao, Y., Pang, G., Jia, X., Song, Y., Guo, A., Wang, A., Zhang, S., & Ji, M. (2022a). Microplastic abundance, characteristics and removal in large-scale multi-stage constructed wetlands for effluent polishing in northern China. *Chemical Engineering Journal*, 430, 132752. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2021.132752>
- Zhou, X., Zhao, Y., Pang, G., Jia, X., Song, Y., Guo, A., Wang, A., Zhang, S., & Ji, M. (2022b). Microplastic abundance, characteristics and removal in large-scale multi-stage constructed wetlands for effluent polishing in northern China. *Chemical Engineering Journal*, 430(P1), 132752. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2021.132752>
- Ziajahromi, S., Neale, P. A., & Leusch, F. D. L. (2016). Wastewater treatment plant effluent as a source of microplastics: review of the fate, chemical interactions and potential risks to aquatic organisms. *Water Science and Technology*, 74(10), 2253–2269. <https://doi.org/10.2166/wst.2016.414>
- Ziajahromi, S., Neale, P. A., Rintoul, L., & Leusch, F. D. L. (2017). Wastewater treatment plants as a pathway for microplastics: Development of a new approach to sample wastewater-based microplastics. *Water Research*, 112, 93–99. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2017.01.042>