

# Efisiensi Penyisihan Mikroplastik Pada Instalasi Pengolahan Air Minum di Asia: Tinjauan Literatur Sistematis

Herni Nurulaeni, Mochamad Adhiraga Pratama\*, Sandyanto Adityosulindro

Program Studi Teknik Lingkungan, Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan, Universitas Indonesia, Jawa Barat

\*Koresponden email: adhiragapratama@ui.ac.id

Diterima: 27 April 2026

Disetujui: 05 Mei 2026

## Abstract

Plastic pollution is a crucial environmental issue that impacts human health and environmental quality. Persistent plastic can degrade into microplastics and accumulate in water bodies. Rivers, as the primary source of raw water for drinking water treatment plants (IPAM), are the entry point for microplastics into the water supply system. Although IPAMs are designed to produce safe water for the community, existing treatment technologies are not yet fully effective in removing microplastics. This study aims to provide information from several research results related to microplastic removal efficiency in IPAMs through a systematic literature review approach using the PRISMA 2020 method. Articles were collected from scientific databases spanning 2020–2025 based on keywords related to microplastics in drinking water treatment plants. A total of 20 selected articles were further analyzed. The results show that microplastic removal efficiency in IPAMs varies between 30–99%, influenced by differences in microplastic analysis methods, microplastic abundance and characteristics, treatment technology, and seasonal factors. The dominant forms of microplastics are fibers and fragments, which generally originate from domestic activities. IPAMs with river raw water sources tend to have a higher microplastic abundance than lakes or reservoirs. Filtration units are the most effective process for removing microplastics, but advanced technologies such as membranes are needed to increase efficiency, especially for small particles.

**Keywords:** *emerging contaminants; drinking water supply; treatment technology; removal efficiency; water quality*

## Abstrak

Pencemaran plastik menjadi isu lingkungan yang krusial yang berdampak pada kesehatan manusia dan kualitas lingkungan. Plastik bersifat persisten dapat terdegradasi menjadi mikroplastik dan terakumulasi di perairan. Sungai sebagai sumber utama air baku instalasi pengolahan air minum (IPAM) menjadi jalur masuk mikroplastik ke sistem penyediaan air. Meskipun IPAM dirancang untuk menghasilkan air yang aman bagi masyarakat, teknologi pengolahan yang ada belum sepenuhnya efektif dalam menyisihkan mikroplastik. Penelitian ini bertujuan untuk memberikan informasi dari beberapa hasil penelitian terkait efisiensi penyisihan mikroplastik pada IPAM melalui pendekatan *systematic literature review* menggunakan metode PRISMA 2020. Artikel dikumpulkan dari database ilmiah dengan rentang tahun 2020–2025 berdasarkan kata kunci terkait mikroplastik pada instalasi pengolahan air minum. Sebanyak 20 artikel terpilih dianalisis lebih lanjut. Hasil kajian menunjukkan bahwa efisiensi penyisihan mikroplastik di IPAM bervariasi antara 30–99%, dipengaruhi oleh perbedaan metode analisis mikroplastik, kelimpahan dan karakteristik mikroplastik, teknologi pengolahan, serta faktor musim. Bentuk dominan mikroplastik adalah fiber dan fragmen yang umumnya berasal dari aktivitas domestik. IPAM dengan sumber air baku sungai cenderung memiliki kelimpahan mikroplastik lebih tinggi dibandingkan danau atau waduk. Unit filtrasi merupakan proses paling efektif dalam penyisihan mikroplastik, namun teknologi lanjutan seperti membran diperlukan untuk meningkatkan efisiensi, terutama untuk partikel berukuran kecil.

**Kata Kunci:** *kontaminan emerging; penyediaan air minum; teknologi pengolahan; efisiensi penyisihan; kualitas air*

## 1. Pendahuluan

Pencemaran sampah plastik menjadi salah satu isu lingkungan yang krusial karena keberadaannya yang terus bertambah dan memiliki dampak terhadap kesehatan manusia serta kualitas lingkungan [1]. Di Indonesia, produksi plastik semakin meningkat sebesar 4,65% setiap tahunnya. Peningkatan produksi dan pengelolaan sampah plastik yang tidak memadai ini berkontribusi terhadap masuknya sampah plastik ke lingkungan [2]. Sampah plastik memiliki sifat yang tahan lama dan sulit terurai sehingga jika tidak dikelola dengan baik, maka sebagian besar sampah tersebut akan masuk ke lingkungan perairan seperti sungai,

danau, dan bahkan laut. Sampah yang berada di lingkungan perairan mampu bertahan dalam jangka waktu yang lama dan terdegradasi secara fisik maupun kimia menjadi plastik berukuran lebih kecil yang dikenal sebagai mikroplastik [3]. Mikroplastik merupakan jenis partikel plastik yang berukuran kurang dari 5 mm [4]. Mikroplastik yang ditemukan di perairan biasanya berasal dari pembuangan kantong plastik, kemasan makanan siap saji, atau botol minuman plastik yang telah mengalami proses dekomposisi oleh lingkungan [5]. Mikroplastik memiliki potensi masuk ke dalam tubuh manusia melalui proses bioakumulasi saat mengonsumsi makanan yang terkontaminasi mikroplastik [6].

Mikroplastik dikategorikan sebagai emerging contaminant yang memerlukan perhatian khusus karena berdampak pada lingkungan dan kesehatan manusia [7]. Keberadaan mikroplastik telah terdeteksi di berbagai sumber air permukaan termasuk sungai, bersamaan dengan kontaminan lain seperti bakteri, virus, dan senyawa organik [7]. Selain itu, sifat hidrofobik mikroplastik membuat mikroplastik dapat mudah menyerap polutan organik maupun logam berat [8]. Sungai merupakan salah satu sumber utama pencemaran mikroplastik sekaligus sumber air baku bagi sebagian besar instalasi pengolahan air minum di Indonesia [9]. Mikroplastik yang terkandung pada air sungai akan masuk ke dalam instalasi pengolahan air minum (IPAM). Sistem penyediaan air minum dirancang untuk memperhatikan keberlanjutan dalam operasinya. Selain itu, instalasi pengolahan air minum harus mampu menghasilkan air minum dalam kondisi cuaca dan lingkungan yang berbeda [10]. IPAM berfungsi untuk melindungi pasokan air minum agar aman dikonsumsi oleh masyarakat serta menghilangkan berbagai kontaminan termasuk mikroplastik, sehingga sangat penting mengetahui keberadaan mikroplastik pada IPAM [11]. Namun dikarenakan mikroplastik merupakan emerging contaminant atau kontaminan yang baru muncul, maka teknologi pengolahan air yang ada saat ini belum sepenuhnya dirancang untuk menyisihkan mikroplastik secara optimal [7].

Beberapa penelitian melaporkan bahwa efisiensi penyisihan mikroplastik pada IPAM bervariasi yaitu lebih dari 30% hingga 99% [7][8][12][13][14][15][16][17] [18][19]. Dalam beberapa tahun terakhir, beberapa jurnal telah membahas keberadaan dan penyisihan mikroplastik pada sistem pengolahan air. Diantaranya penelitian [12] mengkaji keberadaan mikroplastik pada berbagai proses pengolahan air minum, namun belum secara spesifik membahas terkait faktor yang mempengaruhinya seperti variasi musim dan perilaku mikroplastik pada proses pengolahan. Selanjutnya [20] melakukan kajian literatur review terkait kelimpahan dan karakteristik mikroplastik pada air tawar dan air minum namun tidak membahas terkait efisiensi penyisihan mikroplastik pada unit proses. Selain itu, [21] melakukan review mengenai keberadaan mikroplastik pada instalasi pengolahan air minum serta mengevaluasi efektivitas beberapa teknologi pengolahan, namun belum mengkaji secara sistematis perbedaan efisiensi penyisihan mikroplastik berdasarkan variasi unit proses pengolahan dan juga tidak dijelaskan bagaimana metode dalam menyusun artikel review tersebut.

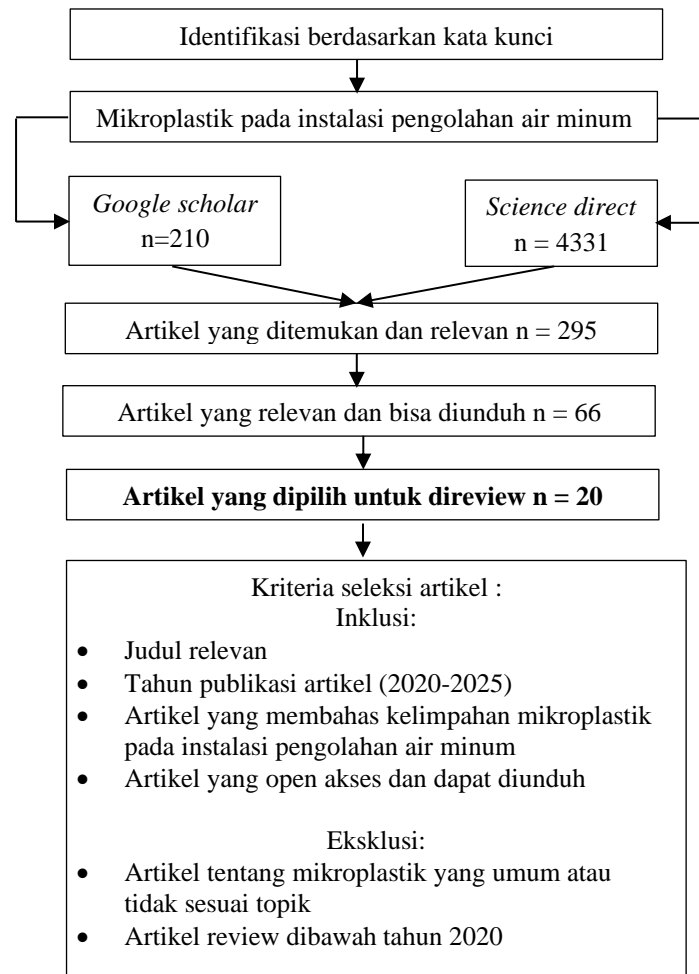
Berdasarkan ketiga literatur review tersebut bahwa jurnal review terkait mikroplastik pada sistem penyediaan air minum dengan membahas efisiensi penyisihan mikroplastik pada setiap unit proses terutama dengan mempertimbangkan faktor yang mempengaruhinya seperti variasi karakteristik mikroplastik dan kondisi operasional serta dalam konteks wilayah tertentu seperti Asia masih terbatas. Selain itu, pada jurnal review sebelumnya belum menjelaskan metode yang digunakan agar dapat dilakukan secara sistematis dalam pencarian referensi yang sesuai.

Oleh karena itu, jurnal literatur review ini bertujuan untuk melakukan kajian secara sistematis terkait efisiensi penyisihan mikroplastik pada instalasi pengolahan air minum dengan fokus pada analisis kinerja setiap unit proses pengolahan serta faktor-faktor yang mempengaruhinya. Dengan adanya artikel review ini diharapkan dapat memberikan kontribusi ilmiah terkait informasi komprehensif mengenai efisiensi penyisihan mikroplastik pada instalasi pengolahan air minum sebagai dasar pengembangan teknologi pengolahan air yang lebih efektif.

## 2. Metode Penelitian

Penelitian ini merupakan studi literatur yang disusun menggunakan metode *systematic literature review* dengan mengacu pada pedoman PRISMA Checklist 2020. Metode tersebut merupakan metode sistematis yang dilakukan dengan tujuan untuk mengidentifikasi dan mengevaluasi lebih dalam penelitian sebelumnya melalui pendekatan metodologinya. Dalam tahapannya terdiri dari identifikasi kata kunci, screening dokumen, dan pemilihan dokumen. Metode seleksi artikel dilakukan dengan kriteria inklusi dan eksklusi. Kriteria inklusi meliputi artikel yang diambil dari tahun 2020 hingga 2025 artikel nasional maupun internasional melalui database science direct dan google scholar. Artikel yang dipilih dapat diakses dalam pdf lengkap serta membahas tentang mikroplastik pada instalasi pengolahan air minum. Kriteria eksklusi yang ditetapkan yaitu artikel yang membahas pencemaran mikroplastik secara umum dan artikel yang di

bawah tahun 2020. Pencarian artikel dari kata kunci yaitu mikroplastik pada instalasi pengolahan air minum. Review artikel ini memaparkan detail data penelitian mengenai kelimpahan mikroplastik pada influent dan effluent IPAM serta efisiensi penyisihan mikroplastik di IPAM dari berbagai sumber penelitian. Berikut skema review artikel (**Gambar 1**).



**Gambar 1.** Skema Review Artikel berdasarkan PRISMA 2020

### 3. Hasil dan Pembahasan

#### 3.1. Sumber Kontaminan Mikroplastik di Influent Instalasi Pengolahan Air Minum

Keberadaan mikroplastik pada air baku (air permukaan) telah dibuktikan dalam beberapa penelitian [1]. Sumber air permukaan mengandung mikroplastik dari penguraian sampah plastik yang terdegradasi, pembuangan air limbah domestik atau industri yang diolah di IPAL serta air limbah domestik atau industri yang tidak diolah tetapi langsung dibuang ke lingkungan perairan [22]. Meskipun air limbah sudah melewati tahap proses pengolahan pada IPAL, namun mikroplastik tidak dapat dihilangkan sepenuhnya. Akibatnya, dengan pembuangan air limbah dari IPAL ke lingkungan perairan menyebabkan adanya kandungan mikroplastik di perairan tersebut seperti sungai [22]. Sebagian besar instalasi pengolahan air minum (IPAM) menggunakan sumber air baku dari badan air permukaan sungai [9] sehingga terdapat adanya potensi pencemaran mikroplastik pada sumber air baku di instalasi pengolahan air.

#### 3.2. Kelimpahan Mikroplastik pada Influent dan Effluent IPAM serta Efisiensi Penyisihan Mikroplastik di IPAM

Hasil sintesis artikel dilakukan pada 20 artikel yang ditemukan dapat dilihat pada **Tabel 1**. Hasil dari sintesis artikel yang telah dilakukan menunjukkan bahwa kelimpahan mikroplastik dan efisiensi penyisihan mikroplastik di setiap instalasi pengolahan air minum (IPAM) itu berbeda-beda, sehingga tidak dapat secara langsung dibandingkan dengan satu sama lain dikarenakan kondisi pada saat analisis mikroplastik, karakteristik sumber air baku di setiap IPAM, serta teknologi pada proses pengolahan berbeda-beda di setiap lokasi. Instalasi pengolahan air minum (IPAM) merupakan suatu teknologi atau proses untuk menghilangkan kandungan mikroplastik pada air baku sebelum mencapai ke konsumen melalui air keran

[21]. Secara umum, IPAM konvensional memiliki unit koagulasi, flokulasi, sedimentasi, filtrasi, dan disinfeksi. Mikroplastik pada air baku dihilangkan dengan efisiensi yang berbeda pada setiap proses unit pengolahan. Berdasarkan Tabel 1. menunjukkan bahwa IPAM memiliki efisiensi penyisihan mikroplastik yang berbeda. Teknologi pengolahan di setiap proses IPAM yang berbeda-beda merupakan salah satu penyebab dihasilkannya efisiensi penyisihan mikroplastik yang berbeda pula. Faktor lain yang mempengaruhi efisiensi penyisihan mikroplastik yaitu kelimpahan dan karakteristik mikroplastik di influent IPAM berbeda satu sama lain [23]. Teknologi pengolahan yang sama tetapi digunakan di IPAM yang berbeda, akan menghasilkan efisiensi penyisihan yang berbeda.

**Tabel 1. Kelimpahan Mikroplastik pada Influent dan Effluent IPAM serta Efisiensi Penyisihan**

Referensi	Lokasi	Jenis air baku	Metode analisis	Ukuran mikroplastik ( $\mu\text{m}$ )	Bentuk mikroplastik dominan	Proses pengolahan	Kelimpahan mikroplastik di influent (partikel/L)	Kelimpahan mikroplastik di effluent (partikel/L)	Efisiensi penyisihan (%)
[12]	Thailand	Kolam alami penampung air hujan dan jaringan air yang dipasok oleh sektor swasta	Mikroskop stereo (kuantifikasi mikroplastik) dan $\mu$ -FTIR (identifikasi jenis polimer)	<250	Fragment	Koagulasi, flokulasi, sedimentasi, sand filtrasi, dan disinfeksi. Koagulan dengan tawas.	16,15 $\pm$ 0,54	10,80 $\pm$ 0,28	33,1
				<250	Fragment	Koagulasi, flokulasi, sedimentasi, sand filtrasi, dan disinfeksi. Koagulan dengan tawas.	18,15 $\pm$ 0,35	11,20 $\pm$ 0,28	38,3
				<250	Fiber	praklorinasi, klarifikasi (koagulasi, flokulasi, sedimentasi), filtrasi dengan media pasir dan antrasit, dan pasca klorinasi. Koagulan dengan PAC dan PAM.	7,05 $\pm$ 0,64	2,60 $\pm$ 0,66	63,1
				<250	Fiber	P-WS2 : sama dengan P-WS1 tetapi filtrasi hanya dengan media pasir.	1,00 $\pm$ 0,07	0,51 $\pm$ 0,28	48,9
[13]	Indonesia	Sungai	Mikroskop binokuler dan ATR FTIR	300-5000	Fiber	Prasedimentasi, koagulasi, flokulasi, sedimentasi, filtrasi, dan desinfeksi.	20,6 (musim hujan) 6,7 (musim kemarau)	10,5 (musim hujan) 4,4 (musim kemarau)	58,9 (musim hujan) 39,3 (musim kemarau)
[24]	Thailand	Sungai	FTIR Spectroscopy	30-2000	Fragment	Koagulasi, flokulasi, sedimentasi, filtrasi, dan desinfeksi	114 (musim kemarau) 56 (musim hujan)	22 (musim kemarau) 14 (musim hujan)	75-81
[14]	China	Sungai	Spektrometer mikro raman	2-5	-	Koagulasi, sedimentasi, sand filtrasi, ozonasi, GAC filtrasi, dan klorinasi	4300	732	83
		Sungai	Spektrometer mikro raman	2-5	-	Koagulasi, sedimentasi, sand filtrasi, dan klorinasi	4410	1200	72,7
[15]	China	Sungai	FTIR	10-50	Fiber	Koagulasi, flokulasi, sedimentasi, sand filtrasi, dan klorinasi.	18,67	8,80	52,9
[7]	Bangladesh	Sungai	Mikroskop optik dan FTIR serta FE-SEM dengan EDX	20-5000	Fragment dan fiber	Bar screen, pulsator clarifier, rapid sand filter, klorinasi.	25,7 $\pm$ 9,8	0,3 $\pm$ 0,03	98,8
		Sungai				Bar screen, pulsator clarifier, rapid sand filter, klorinasi.	26,01 $\pm$ 9,8	0,4 $\pm$ 0,01	98,5
		Sungai				Bar screen, koagulasi-flokulasi-sedimentasi, rapid sand filter, klorinasi.	6,2 $\pm$ 1,6	0,05 $\pm$ 0,02	99,2
[16]	China	Waduk	Mikroskop stereo dan FTIR	20-500	Fiber	Koagulasi, sedimentasi, sand GAC filtrasi, dan ultrafiltrasi.	12,4 $\pm$ 2	0,9 $\pm$ 0,3	93
[17]	Iran	Waduk	FTIR, Raman micro-spectroscopy, dan SEM	>100	Fragment	Praklorinasi, koagulasi, flokulasi, clarifier, filtrasi, dan secondary klorinasi.	0,128	0,045	64
		Waduk		>5	Fragment	Desalinasi dengan reverse osmosis	0,078	0,02	75
[8]	Korea Selatan	Sungai	$\mu$ -FTIR	>10	Fragment	Pre-ozonasi, koagulasi, sedimentasi, dan sand filtrasi.	2,37	-	99,7
		Sungai	$\mu$ -FTIR	>10	Fragment	Pre-ozonasi, koagulasi, sedimentasi, dan sand filtrasi.	2,13	-	99,5
		Danau	$\mu$ -FTIR	>10	Fragment	Pre-ozonasi, koagulasi, sedimentasi, dan sand filtrasi.	2,28	-	99,1
[18]	Cina	Sungai	Mikroskop stereo	100-200	Fragment	Koagulasi, flokulasi, sedimentasi, membran filtrasi, dan klorinasi	134,79	95,63	29
[25]	Iran	Air permukaan	Mikro raman dan SEM	<10	Fiber	Koagulasi, flokulasi, klarifikasi, dan sand filtrasi.	1597,7 $\pm$ 270,3	260,5 $\pm$ 48,9	83,7
[19]	Iran	Sungai	SEM	>1	Fiber dan fragment	Screening, koagulasi, flokulasi, sand filtrasi dan disinfeksi	2808 $\pm$ 80	1401 $\pm$ 86	50,1
		Sungai	SEM	>1	Fiber dan fragment	Screening, koagulasi, flokulasi, sand filtrasi dan disinfeksi	1996 $\pm$ 268	1042	48,4

Referensi	Lokasi	Jenis air baku	Metode analisis	Ukuran mikroplastik ( $\mu\text{m}$ )	Bentuk mikroplastik dominan	Proses pengolahan	Kelimpahan mikroplastik di influent (partikel/L)	Kelimpahan mikroplastik di effluent (partikel/L)	Efisiensi penyisihan (%)
		Bendungan	SEM	>1	Fiber dan fragment	Screening, koagulasi, flokulasi, sand filtrasi dan disinfeksi	2172 $\pm$ 119	971 $\pm$ 103	55,2
[26]	Thailand	Sungai	Sistem biologis mikroskop (300 – $\geq$ 500 $\mu\text{m}$ ), Mikroskop fluorescense (6,5 – 300 $\mu\text{m}$ )	>6,5	Fiber dan fragment	Screening, klarifikasi (koagulasi, flokulasi, dan sedimentasi), dual media filtrasi (rapid sand/anthracite coal), dan klorinasi	1385 (kemarau) 1796,6 (hujan)	448,7 (kemarau), 769,4 (hujan)	67,6 (kemarau) 57,2 (hujan)
[27]	Indonesia	Sungai	Kuantifikasi: Mikroskop stereo	351–1000	Fiber	intake, aerator, prasedimentasi, flashmix, clearator, filtrasi, dan disinfeksi.	54,4	13	76,1
[9]	Indonesia	Sungai	Mikroskop dan FTIR	350–1000	Fiber	Koagulasi-flokulasi, sedimentasi, sand filtrasi, disinfeksi	35	8,5	71
[28]	India	Sungai	Fluorescense microscope	<25	Fiber dan fragment	Pra disinfeksi, koagulasi-flokulasi, pulse clarifikasi, dan sand filtrasi.	17,86	2,75	84,6
[29]	China	Sungai	SEM dan $\mu$ -FTIR	<10	Fiber dan fragment	Pre-treatment, aerasi, koagulasi, sedimentasi, filtrasi, dan disinfeksi	2753	351,9	85-90
[30]	Thailand	Sungai	Mikro raman	100–300	Fragment	Koagulasi, flokulasi, sedimentasi, sand filtrasi, klorinasi.	0,94	0,68	27,7
[31]	China	Sungai	SEM	>1	Fragment dan fiber	Koagulasi-flokulasi, flotasi, sand filtrasi dan GAC filtrasi	3605 $\pm$ 497	628 $\pm$ 28	83
[11]	China	Sungai	SEM	>1	Fiber	Koagulasi/flokulasi, sedimentasi, sand filtrasi, ozonasi dengan kombinasi GAC filtrasi	6614 $\pm$ 1132	930 $\pm$ 71	82,1–88,6

Beberapa artikel hasil temuan dirangkum dalam **Tabel 1**. Pada setiap IPAM di lokasi dan proses pengolahan yang berbeda menghasilkan tingkat efisiensi penyisihan mikroplastik yang beragam. Mikroplastik terdapat di perairan dalam berbagai jenis bentuk, ukuran, warna serta jenis polimer. Metode analisis dalam penentuan adanya kelimpahan mikroplastik terdiri dari berbagai macam metode diantaranya yaitu dengan metode Mikroskop optik, FTIR, SEM, mikro raman dan lain-lain. IPAM merupakan fasilitas pengolahan air minum yang mencakup serangkaian unit proses untuk menghilangkan mikroplastik dari air baku sebelum didistribusikan kepada konsumen melalui air keran [21]. Secara umum, IPAM konvensional memiliki unit pengolahan seperti koagulasi, flokulasi, sedimentasi, filtrasi dan disinfeksi. Mikroplastik pada air baku dihilangkan dengan tingkat efisiensi penyisihan yang berbeda-beda disetiap unit proses. Perbedaan teknologi pengolahan di IPAM menjadi salah satu penyebab bervariasinya efisiensi penyisihan mikroplastik di berbagai instalasi. Faktor lain yang mempengaruhi efisiensi penyisihan mikroplastik yaitu perbedaan jumlah karakteristik mikroplastik seperti ukuran, bentuk, warna, dan jenis polimer dalam influent dari masing-masing IPAM. Oleh karena itu, meskipun teknologi pengolahan yang digunakan sama, efisiensi penyisihan mikroplastik dapat berbeda karena perbedaan karakteristik dan jumlah mikroplastik.

Berdasarkan penelitian [19] pada **Tabel 1** bahwa efisiensi penyisihan mikroplastik dari tiga sumber air permukaan yang diolah di tiga IPAM berbeda dengan teknologi pengolahan yang sama (penyaringan, koagulasi, flokulasi, filtrasi pasir, dan disinfeksi) adalah masing-masing 48,4%, 50,1% dan 55,2%. Selain itu, musim pengambilan sampel juga mempengaruhi efisiensi penyisihan mikroplastik. pada perairan, mikroplastik cenderung mengendap selama musim kemarau dan kemudian tersuspensi kembali selama musim hujan sehingga jumlah mikroplastik yang masuk ke IPAM bisa lebih tinggi saat musim hujan [32]. Dengan demikian, kualitas air baku di IPAM akan berbeda antara musim kemarau dan musim hujan sehingga menyebabkan perbedaan efisiensi penyisihan.

Pada **Tabel 1** penelitian [26] menunjukkan bahwa konsentrasi mikroplastik dalam air sungai yang diolah di IPAM mencapai 1385,0 partikel/L pada musim kering dan meningkat menjadi 1796,6 partikel/L saat musim hujan. Efisiensi penyisihan mikroplastik juga menurun dari 67,6% menjadi 57,2%. Penurunan ini diduga terjadi karena tingginya turbulensi air akibat curah hujan yang sering, sehingga proses pengendapan mikroplastik menjadi kurang efektif. Sebagian besar instalasi pengolahan air minum konvensional memiliki efisiensi penyisihan mikroplastik lebih dari 80% [33]. Meskipun efektivitas ini cukup tinggi, keberadaan mikroplastik dalam air yang telah diolah dan dikonsumsi masyarakat masih menimbulkan kekhawatiran, terutama terkait potensi masuknya mikroplastik ke dalam tubuh manusia melalui air minum. Untuk meningkatkan efisiensi penyisihan mikroplastik, maka diperlukan teknologi pengolahan lanjutan yang *advanced* seperti mikrofiltrasi, ultrafiltrasi, nanofiltrasi, dan reverse osmosis sehingga mikroplastik yang dapat dikonsumsi oleh manusia melalui air keran dapat dicegah. Teknologi ini

mampu menyaring mikroplastik dengan lebih efektif karena ukuran pori-pori membrannya, terutama pada UF, NF dan RO, lebih kecil dari ukuran minimum mikroplastik, yaitu 1 mikrometer.

Berdasarkan **Tabel 1** bahwa bentuk mikroplastik yang paling dominan pada influent dan effluent IPAM yaitu fiber dan fragment. Fiber mikroplastik umumnya berasal dari air limbah rumah tangga, khususnya dari proses pencucian pakaian berbahan sintetis di mesin cuci. Sekitar 18 juta serat mikro dapat terlepas dari pencucian 6 kg pakaian sintetis [34]. Fiber ini terbentuk akibat gesekan mekanis dan reaksi kimia selama pencucian, kemudian terbawa ke dalam air limbah dan berakhir di IPAL. Meski telah melalui tahapan pengolahan, serat tetap menjadi bentuk mikroplastik yang dominan dalam efluen IPAL, menunjukkan bahwa serat tidak sepenuhnya tereliminasi dalam proses tersebut [21][22]. Ketika efluen IPAL dibuang ke lingkungan, mikroplastik berbentuk serat ikut tersebar ke perairan. Sedangkan mikroplastik berbentuk fragmen dihasilkan dari pecahan plastik berukuran besar. Faktor seperti abrasi yang disebabkan oleh angin, ombak, dan gesekan, serta paparan sinar ultraviolet (UV), mempercepat proses degradasi plastik menjadi partikel lebih kecil. Fragmen mikroplastik ini berasal dari penguraian benda plastik sehari-hari seperti kemasan, tali atau jaring nelayan, serta ban kendaraan yang kemudian masuk ke dalam badan air.

### 3.3. Penyisihan Mikroplastik Pada Proses Pengolahan Instalasi Pengolahan Air Minum

Secara umum instalasi pengolahan air minum (IPAM) konvensional terdiri dari unit proses koagulasi, flokulasi, sedimentasi, filtrasi, dan desinfeksi. Berikut ini terkait penyisihan mikroplastik di setiap unit proses IPAM.

#### 3.3.1. Koagulasi-flokulasi-sedimentasi

Proses koagulasi-flokulasi yaitu proses dengan menambahkan bahan kimia ke dalam air sehingga padatan tersuspensi yang tidak dapat mengendap bergabung dalam air dan berubah menjadi flok [35]. Flok yang dihasilkan dari proses koagulasi-flokulasi kemudian dapat diendapkan dan dipisahkan dari air dengan proses sedimentasi. Garam aluminium dan besi umumnya dapat digunakan sebagai koagulan pada IPAM [36]. Berdasarkan penelitian [37] bahwa garam aluminium (Al) bekerja lebih baik dibandingkan garam besi (Fe) dalam menghilangkan mikroplastik jenis PE dan PS dari air melalui koagulasi. Penentuan dosis koagulan optimum sangat penting untuk memastikan efisiensi penyisihan mikroplastik dikarenakan dosis koagulan yang terlalu tinggi menyebabkan flok yang terbentuk menjadi mudah pecah [37]. Dosis koagulan yang digunakan dalam proses koagulasi di IPAM umumnya <20 mg/L sebagai Al dan Fe [38]. Berdasarkan penelitian [39] bahwa penggunaan alum sebanyak 20 mg/L hanya mampu menghilangkan mikroplastik berukuran 45–53  $\mu\text{m}$  dengan efisiensi sekitar 0,3 %  $\pm$  0,3 %. Namun, jika ditambahkan bahan bantu koagulasi (polydiallyl dimethylammonium chloride) sebesar 0,5 mg/L, efisiensinya meningkat menjadi 13,6  $\pm$  6,8 %.

Oleh karena itu, hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa penggunaan alum, baik sendiri maupun dengan bahan bantu, tetap belum cukup efektif untuk menghilangkan mikroplastik [40]. Mikroplastik yang sangat kecil (<10  $\mu\text{m}$ ) sulit dihilangkan dengan proses koagulasi-flokulasi-sedimentasi karena tidak mudah melekat pada flok dan tidak mudah mengendap [19]. Bentuk fiber memiliki keunggulan dalam mempercepat proses agregasi, sehingga mikroplastik berbentuk serat cenderung lebih mudah dihilangkan dibandingkan bentuk lainnya [18]. Efisiensi penyisihan mikroplastik melalui koagulasi-flokulasi-sedimentasi juga dipengaruhi oleh berbagai faktor, termasuk jenis dan ukuran mikroplastik, bentuk fisiknya, jenis dan dosis koagulan, serta kondisi proses koagulasi-flokulasi-sedimentasi seperti pH, kecepatan dan durasi pengadukan, serta waktu pengendapan.

#### 3.3.2. Filtrasi

Mikroplastik berukuran besar dapat dihilangkan secara efektif dari air menggunakan filtrasi pasir (*sand filtration*) dengan cara tertahan di permukaan filter atau di dalam media filter. Berdasarkan penelitian [28] bahwa jumlah mikroplastik dalam air baku (rata-rata 17,88 MP/L) menurun secara signifikan setelah melewati pulse clarifier (6,99 MP/L), namun jumlah mikroplastik yang lebih tinggi terdeteksi di air di atas media pasir filtrasi, yaitu unit setelah pulse clarifier. Kandungan mikroplastik yang tinggi pada kolom air di atas media filtrasi pasir menunjukkan bahwa mikroplastik tersaring ketika air melewati media filter tersebut [28]. Selain karakteristik mikroplastik, sifat media filter juga mempengaruhi tingkat efisiensi penyisihan mikroplastik. Berdasarkan penelitian [26] bahwa mikroplastik dengan ukuran  $\geq 500 \mu\text{m}$  dapat tertahan secara efektif dalam sistem filter dua lapis yang menggunakan batu bara antrasit (porositas 500–600  $\mu\text{m}$ ) dan pasir (porositas 400–500  $\mu\text{m}$ ), dengan efisiensi penyisihan masing-masing sebesar 60,7% dan 52,1% pada musim kemarau dan musim hujan. Sedangkan mikroplastik berukuran 300–500  $\mu\text{m}$  tertahan di

lapisan pasir dan menunjukkan efisiensi penyisihan tertinggi setelah mikroplastik ukuran  $\geq 500 \mu\text{m}$ . Ukuran pori-pori media filter dan ukuran mikroplastik sangat menentukan efektivitas penyaringan. Media dengan porositas rendah mampu menghilangkan 96,4%–99,2% mikroplastik berukuran 10–80  $\mu\text{m}$  dari sumber seperti kantong plastik dan ban [41]. Sedangkan media dengan porositas lebih besar menunjukkan efisiensi yang lebih rendah yaitu sekitar 90,5%–96,5%. Variasi efisiensi filtrasi pasir dalam berbagai studi [26], [28] disebabkan oleh perbedaan dalam jumlah dan karakteristik MP dalam air, karakteristik media filter, serta kondisi operasional sistem. Mikroplastik yang lebih besar daripada ukuran pori media filter umumnya lebih mudah tersaring dibandingkan partikel yang lebih kecil [26], [28]. Proses filtrasi merupakan tahap pengolahan yang paling efektif untuk menyisihkan mikroplastik terutama untuk mikroplastik yang berukuran sedang hingga besar [24]. Namun, untuk mengoptimalkan penyisihan mikroplastik diperlukan teknologi tambahan yang *advanced* seperti proses membran yang menunjukkan penyisihan mikroplastik lebih baik dari proses lainnya karena ukuran pori membran yang sangat kecil dibanding dengan mikroplastik [21].

### 3.3.3. Disinfeksi

Disinfeksi merupakan tahap akhir pada unit proses instalasi pengolahan air minum (IPAM) yang umumnya menggunakan klorin, klorin dioksida, ozon, dan radiasi UV. Diantara berbagai disinfektan tersebut, klorin menjadi yang paling umum digunakan karena biayanya yang relatif murah, efektivitas yang tinggi dalam membunuh mikroorganisme, serta kemampuannya membentuk residu disinfektan dalam air [42]. Pada proses disinfeksi bahwa terdapat beberapa faktor yang dapat mempengaruhi interaksi mikroplastik dengan klorin serta efisiensi penyisihannya seperti konsentrasi klorin, waktu kontak antara mikroplastik dengan klorin, jumlah serta karakteristik mikroplastik, kondisi kualitas air, dan faktor lingkungan seperti suhu dan pH. Oleh karena itu, tingkat keberhasilan penyisihan mikroplastik selama proses disinfeksi dapat bervariasi di setiap IPAM. Beberapa penelitian juga mengungkapkan bahwa disinfeksi dengan paparan sinar UV dapat menyebabkan degradasi plastik menjadi partikel mikroplastik yang lebih kecil, sehingga menyebabkan peningkatan konsentrasi mikroplastik dalam air [43]. Namun, ada juga penelitian yang menunjukkan bahwa disinfeksi UV justru membantu dalam menghilangkan mikroplastik [44]. Perbedaan ini kemungkinan disebabkan oleh adanya proses pengendapan mikroplastik dalam tangki UV yang mendukung peningkatan efisiensi penyisihan.

## 4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil kajian literatur 20 artikel bahwa efisiensi penyisihan mikroplastik di setiap instalasi pengolahan air minum (IPAM) berbeda-beda. Mikroplastik telah terdeteksi pada berbagai sumber air baku dan masih ditemukan setelah melalui proses pengolahan, baik dengan teknologi konvensional maupun lanjutan. Proses koagulasi–flokulasi, sedimentasi, filtrasi, dan disinfeksi berkontribusi dalam menurunkan kelimpahan mikroplastik, namun partikel berukuran kecil ( $<10 \mu\text{m}$ ) serta bentuk dominan seperti fiber dan fragmen masih berpotensi lolos hingga tahap akhir pengolahan. Teknologi membran atau filtrasi menunjukkan potensi penyisihan yang lebih tinggi dibandingkan metode lainnya, meskipun masih menghadapi tantangan berupa kemungkinan lolosnya partikel berukuran sangat kecil dan potensi pelepasan mikroplastik dari material membran. Variasi metode identifikasi dan batas ukuran deteksi antar penelitian turut memengaruhi perbedaan hasil yang dilaporkan. Temuan ini menegaskan perlunya optimalisasi dan inovasi teknologi pengolahan air, serta standarisasi metode analisis mikroplastik guna meningkatkan efektivitas penyisihan dan menjamin keamanan serta kualitas air minum bagi masyarakat.

## 5. Daftar Pustaka

- [1] A. Negrete Velasco, S. Ramseier Gentile, S. Zimmermann, P. Le Coustumer, and S. Stoll, “Contamination and removal efficiency of microplastics and synthetic fibres in a conventional drinking water treatment plant in Geneva, Switzerland,” *Science of the Total Environment*, vol. 880, Jul. 2023, doi: 10.1016/j.scitotenv.2023.163270.
- [2] T. M. Aulia, D. R. Umma, and S. Adityosulindro, “Abundance and removal of microplastics in sewerage treatment plants: A case study of Ujung Menteng Flat House,” in *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, Institute of Physics, 2025. doi: 10.1088/1755-1315/1556/1/012053.
- [3] A. Firdani, A. Gafur, A. Baharuddin, P. K. Lingkungan, and K. Masyarakat, “Identifikasi Mikroplastik Pada Air Pdam Yang Dikonsumsi Oleh Masyarakat Di Kelurahan Pampang Kota Makassar,” 2024.

- [4] J. Wu, Y. Zhang, and Y. Tang, "Fragmentation of microplastics in the drinking water treatment process - A case study in Yangtze River region, China," *Science of the Total Environment*, vol. 806, Feb. 2022, doi: 10.1016/j.scitotenv.2021.150545.
- [5] P. Hadi Arief Setiawan, K. Akila Naurelia, S. Adityosulindro, N. Dwi Maulidiany, and M. Adhiraga Pratama, "Characterization Of Microplastics At Grey Water Wastewater Treatment Plant In South Jakarta City," *Jurnal Impresi Indonesia (JII)*, vol. 4, No. 5. 2025.
- [6] L. Maulidah, Rafika Aprilianti, and Akhmad Farid, "Identifikasi Kelimpahan Mikroplastik pada Air Permukaan Outlet Limbah Pabrik Kertas di Hilir Sungai Brantas," *Environmental Pollution Journal*, vol. 3, no. 2, Aug. 2023, doi: 10.58954/epj.v3i2.120.
- [7] M. S. Islam, Z. Islam, A. H. M. S. I. M. Jamal, N. Momtaz, and S. A. Beauty, "Removal efficiencies of microplastics of the three largest drinking water treatment plants in Bangladesh," *Science of the Total Environment*, vol. 895, Oct. 2023, doi: 10.1016/j.scitotenv.2023.165155.
- [8] J. W. Jung, S. Kim, Y. S. Kim, S. Jeong, and J. Lee, "Tracing microplastics from raw water to drinking water treatment plants in Busan, South Korea," *Science of the Total Environment*, vol. 825, Jun. 2022, doi: 10.1016/j.scitotenv.2022.154015.
- [9] A. D. Radityaningrum, Y. Trihadiningrum, Mar'atusholihah, E. S. Soedjono, and W. Herumurti, "Microplastic contamination in water supply and the removal efficiencies of the treatment plants: A case of Surabaya City, Indonesia," *Journal of Water Process Engineering*, vol. 43, Oct. 2021, doi: 10.1016/j.jwpe.2021.102195.
- [10] R. Hanifa, S. Adityosulindro, and N. P. S. Wahyuningsih, "Optimization of water treatment process performance of Duren Seribu Water Treatment Plant in Depok City: Water quality and design parameters," in *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, IOP Publishing Ltd, Nov. 2021. doi: 10.1088/1755-1315/896/1/012039.
- [11] Z. Wang, T. Lin, and W. Chen, "Occurrence and removal of microplastics in an advanced drinking water treatment plant (ADWTP)," *Science of the Total Environment*, vol. 700, Jan. 2020, doi: 10.1016/j.scitotenv.2019.134520.
- [12] K. Prasertboonyai, S. Muenmee, B. Chouychai, P. Hongswat, and P. Prarat, "Abundance, characteristics, and potential human intake of microplastic contamination in tap water: A study of water supply treatment plants in Rayong Province, Thailand," *Journal of Water Process Engineering*, vol. 72, Apr. 2025, doi: 10.1016/j.jwpe.2025.107460.
- [13] S. Hidayat, N. Billah, and S. Notodarmojo, "Identification of microplastics and their removal efficiency in drinking water treatment plants in tropical areas: a case study of the Dago Pakar drinking water treatment plant, Bandung, Indonesia," *Water Supply*, vol. 25, no. 4, pp. 792–806, Apr. 2025, doi: 10.2166/ws.2025.042.
- [14] Z. Han, J. Jiang, J. Xia, C. Yan, and C. Cui, "Occurrence and fate of microplastics from a water source to two different drinking water treatment plants in a megacity in eastern China," *Environmental Pollution*, vol. 346, Apr. 2024, doi: 10.1016/j.envpol.2024.123546.
- [15] Y. Li *et al.*, "Occurrence and Removal Efficiency of Microplastics in Four Drinking Water Treatment Plants in Zhengzhou, China," *Water (Switzerland)*, vol. 16, no. 1, Jan. 2024, doi: 10.3390/w16010131.
- [16] G. Zhou *et al.*, "Tracing microplastics in rural drinking water in Chongqing, China: Their presence and pathways from source to tap," *J. Hazard. Mater.*, vol. 459, Oct. 2023, doi: 10.1016/j.jhazmat.2023.132206.
- [17] H. Taghipour, M. Ghayebzadeh, F. Ganji, S. Mousavi, and N. Azizi, "Tracking microplastics contamination in drinking water in Zahedan, Iran: From source to consumption taps," *Science of the Total Environment*, vol. 872, May 2023, doi: 10.1016/j.scitotenv.2023.162121.
- [18] X. Chu *et al.*, "Occurrence and distribution of microplastics in water supply systems: In water and pipe scales," *Science of the Total Environment*, vol. 803, Jan. 2022, doi: 10.1016/j.scitotenv.2021.150004.
- [19] D. Adib, R. Mafigholami, and H. Tabeshkia, "Identification of microplastics in conventional drinking water treatment plants in Tehran, Iran," *J. Environ. Health Sci. Eng.*, vol. 19, no. 2, pp. 1817–1826, Dec. 2021, doi: 10.1007/s40201-021-00737-3.
- [20] A. A. Koelmans, N. H. Mohamed Nor, E. Hermsen, M. Kooi, S. M. Mintenig, and J. De France, "Microplastics in freshwaters and drinking water: Critical review and assessment of data quality," May 15, 2019, *Elsevier Ltd.* doi: 10.1016/j.watres.2019.02.054.

- [21] S. Acarer, "Abundance and characteristics of microplastics in drinking water treatment plants, distribution systems, water from refill kiosks, tap waters and bottled waters," Aug. 01, 2023, *Elsevier B.V.* doi: 10.1016/j.scitotenv.2023.163866.
- [22] A. A. Franco, J. M. Arellano, G. Albendín, R. Rodríguez-Barroso, J. M. Quiroga, and M. D. Coello, "Microplastic pollution in wastewater treatment plants in the city of Cádiz: Abundance, removal efficiency and presence in receiving water body," *Science of the Total Environment*, vol. 776, Jul. 2021, doi: 10.1016/j.scitotenv.2021.145795.
- [23] J.-S. Barbier *et al.*, "Microplastic occurrence after conventional and nanofiltration processes at drinking water treatment plants: Preliminary results," *Frontiers in Water*, vol. 4, Aug. 2022, doi: 10.3389/frwa.2022.886703.
- [24] A. T. Ta, S. Babel, and C. D. Y. Y. A. Don, "Microplastic removal efficiency in a megacity water treatment plant and dynamics in the distribution system," *Environ. Technol. Innov.*, vol. 40, Nov. 2025, doi: 10.1016/j.eti.2025.104478.
- [25] H. Sharifi and H. Movahedian Attar, "Identification, Quantification, and Evaluation of Microplastics Removal Efficiency in a Water Treatment Plant (A Case Study in Iran)," *Air, Soil and Water Research*, vol. 15, 2022, doi: 10.1177/11786221221134945.
- [26] D. Kankanige and S. Babel, "Contamination by  $\geq 6.5 \mu\text{m}$ -sized microplastics and their removability in a conventional water treatment plant (WTP) in Thailand," *Journal of Water Process Engineering*, vol. 40, Apr. 2021, doi: 10.1016/j.jwpe.2020.101765.
- [27] M. Mar'atusholihah, Y. Trihadiningrum, and A. D. Radityaningrum, "Kelimpahan dan Karakteristik Mikroplastik pada IPAM Karangpilang III Kota Surabaya," *Jurnal Teknik ITS*, vol. 9, no. 2, Jan. 2021, doi: 10.12962/j23373539.v9i2.55473.
- [28] D. J. Sarkar *et al.*, "Microplastics removal efficiency of drinking water treatment plant with pulse clarifier," *J. Hazard. Mater.*, vol. 413, Jul. 2021, doi: 10.1016/j.jhazmat.2021.125347.
- [29] M. Shen *et al.*, "Presence of microplastics in drinking water from freshwater sources: the investigation in Changsha, China," 2021, doi: 10.1007/s11356-021-13769-x/Published.
- [30] P. Chanpiwat and S. Damrongsiri, "Abundance and characteristics of microplastics in freshwater and treated tap water in Bangkok, Thailand," *Environ. Monit. Assess.*, vol. 193, no. 5, May 2021, doi: 10.1007/s10661-021-09012-2.
- [31] M. Pivokonský, L. Pivokonská, K. Novotná, L. Čermáková, and M. Klimtová, "Occurrence and fate of microplastics at two different drinking water treatment plants within a river catchment," *Science of the Total Environment*, vol. 741, Nov. 2020, doi: 10.1016/j.scitotenv.2020.140236.
- [32] Y. Wei, P. Dou, D. Xu, Y. Zhang, and B. Gao, "Microplastic reorganization in urban river before and after rainfall," *Environmental Pollution*, vol. 314, Dec. 2022, doi: 10.1016/j.envpol.2022.120326.
- [33] Dalmau-Soler, J., Ballesteros-Cano, R., Boleda, M.R., Paraira, M., Ferrer, N., Lacorte, S., "Microplastics from headwaters to tap water: occurrence and removal in a drinking water treatment plant in Barcelona metropolitan area (Catalonia, NE Spain)," *Environmental Science and Pollution Research*, vol. 28 No. 42. 2021. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-13220-1>.
- [34] A. Galvão, M. Aleixo, H. De Pablo, C. Lopes, and J. Raimundo, "Microplastics in wastewater: microfiber emissions from common household laundry," *Environmental Science and Pollution Research*, vol. 27, no. 21, pp. 26643–26649, Jul. 2020, doi: 10.1007/s11356-020-08765-6.
- [35] F. K. Katrivesis, A. D. Karela, V. G. Papadakis, and C. A. Paraskeva, "Revisiting of coagulation-flocculation processes in the production of potable water," *Journal of Water Process Engineering*, vol. 27, pp. 193–204, Feb. 2019, doi: 10.1016/j.jwpe.2018.12.007.
- [36] S. R. Poleneni, E. Inniss, H. Shi, J. Yang, B. Hua, and J. Clamp, "Enhanced flocculation using drinking water treatment plant sedimentation residual solids," *Water (Switzerland)*, vol. 11, no. 9, 2019, doi: 10.3390/w11091821.
- [37] G. Zhou *et al.*, "Removal of polystyrene and polyethylene microplastics using PAC and FeCl<sub>3</sub> coagulation: Performance and mechanism," *Science of the Total Environment*, vol. 752, Jan. 2021, doi: 10.1016/j.scitotenv.2020.141837.
- [38] Y. Ma and X. You, "Modelling the accumulation of microplastics through food webs with the example Baiyangdian Lake, China," *Science of The Total Environment*, vol. 762, p. 144110, Mar. 2021, doi: 10.1016/j.scitotenv.2020.144110.
- [39] Z. Zhang, Y. Su, J. Zhu, J. Shi, H. Huang, and B. Xie, "Distribution and removal characteristics of microplastics in different processes of the leachate treatment system," *Waste Management*, vol. 120, pp. 240–247, Feb. 2021, doi: 10.1016/j.wasman.2020.11.025.

- [40] X. Zhang, T. Lin, and X. Wang, "Investigation of microplastics release behavior from ozone-exposed plastic pipe materials," *Environmental Pollution*, vol. 296, p. 118758, Mar. 2022, doi: 10.1016/j.envpol.2021.118758.
- [41] M. Fajar, E. Sembiring, and M. Handajani, "The Effect of Filter Media Size and Loading Rate to Filter Performance of Removing Microplastics using Rapid Sand Filter," *Journal of Engineering and Technological Sciences*, vol. 54, no. 5, 2022, doi: 10.5614/j.eng.technol.sci.2022.54.5.12.
- [42] Y. Hameed, B. Mohammed, I. Al-Hilali, and A. T. Kalaf, "Concentration of Residual Chlorine and Its Health Effects on The Drinking Water of The Kirkuk City," 2018.
- [43] X. Lv, Q. Dong, Z. Zuo, Y. Liu, X. Huang, and W.-M. Wu, "Microplastics in a municipal wastewater treatment plant: Fate, dynamic distribution, removal efficiencies, and control strategies," *J. Clean. Prod.*, vol. 225, pp. 579–586, Jul. 2019, doi: 10.1016/j.jclepro.2019.03.321.
- [44] S. Galafassi *et al.*, "Microplastic retention in small and medium municipal wastewater treatment plants and the role of the disinfection," *Environmental Science and Pollution Research*, vol. 29, no. 7, pp. 10535–10546, Feb. 2022, doi: 10.1007/s11356-021-16453-2.