

# I. PENDAHULUAN

## 1.1. Latar Belakang

Sampah merupakan permasalahan lingkungan dan menjadi perhatian secara global. Cemaran sampah plastik di laut dapat mencapai 8 juta ton per tahun (IUCN, 2020). Jumlah sampah plastik dunia diperkirakan mencapai 2,2 miliar ton di tahun 2025. Sampah plastik paling mudah ditemukan pada perairan (A'yun, 2019) dan timbunan sampah di Indonesia pada tahun 2019 berjumlah 67 juta ton dengan rata-rata sampah plastik nasional sebesar 17,14% atau setara dengan 11,4 juta ton per tahun (SIPSN, 2018). Menurut Jambeck *et al.* (2015) Indonesia melampaui Cina dengan penghasil sampah plastik yang terbuang ke perairan laut. Sifat plastik yang non-biodegradable akan menjadi limbah yang terbesar (Septiani *et al.*, 2019).

Pengelolaan sampah yang belum maksimal, khususnya sampah plastik akan berdampak pada lingkungan. Sampah plastik mudah masuk ke perairan terutama berbentuk partikel. Sampah plastik yang terurai menjadi bentuk partikel yang lebih kecil (Galgani, 2015). Pencemaran lingkungan karena mikroplastik tidak hanya di lingkungan perairan laut pesisir namun sudah menyebar ke air minum dalam kemasan hingga sumber air yang menjadi kebutuhan masyarakat. Mikroplastik ditemukan pada air minum yang didistribusikan dan diolah berasal dari air ledeng (Wagner & Lambert, 2017). Salah satu penelitian tentang mikroplastik pada air minum, yang dilakukan oleh Mason *et al.* (2018) menemukan sebanyak 93% air dalam kemasan dari 259 botol yang diteliti mengandung cemaran mikroplastik. Salah satu sampel yang digunakan diambil dari Indonesia dan mengandung mikroplastik dengan konsentrasi 10,390 partikel/L mikroplastik.

Air menjadi kebutuhan utama untuk masyarakat, mulai dari kebutuhan aktivitas rumah tangga hingga konsumsi sehari-hari. Dalam memenuhi kebutuhan tersebut sumber air yang diperoleh masyarakat dapat melalui sistem perpipaan daerah (PDAM), air minum dalam kemasan (AMDK) dan yang terakhir adalah AMDK galon isi ulang. Masyarakat cenderung memilih air minum siap pakai dan hal ini

membuat usaha pengisian air minum cukup berkembang (Kurniawan, Joseph & Bernadus, 2014). Depot air minum isi ulang (DAMIU) merupakan badan usaha yang menyediakan layanan air minum isi ulang kemasan galon untuk masyarakat (Utami *et al.*, 2017). Masyarakat lebih banyak mengonsumsi AMDK galon isi ulang karena dari segi harga lebih terjangkau daripada AMDK. Menurut Kementerian Kesehatan Republik Indonesia dalam Studi Kualitas Air Minum Rumah Tangga tahun 2021 mengatakan bahwa sarana air minum untuk keperluan minum yang paling banyak digunakan rumah tangga di Indonesia yaitu air isi ulang (31,1%), sumur gali terlindungi (15,9%), sumur bor/pompa (14,1%), air ledeng/perpipaan termasuk hidran air (13,0%), air kemasan bermerek (10,7%), mata air terlindungi (4,2%), sumur gali tidak terlindungi (3,8%), mata air tidak terlindungi (2,5%), penampungan air hujan (2,3%), air yang dibeli eceran (1,4%), air permukaan (0,6%) dan terminal air (0,3%).

Sumber air yang digunakan dalam proses produksi pada DAMIU harus diperhatikan agar masyarakat mendapat kualitas air yang baik serta tidak membahayakan kesehatan. Akhir-akhir ini banyak diperbincangkan perihal kualitas air yang menurun dari DAMIU. Penyebabnya yaitu peralatan sterilisasi yang belum lengkap, perawatan alat yang belum optimal, kualitas air baku hingga penanganan air dari proses sebelumnya yang belum terjamin keamanannya (Nursyah, 2020).

Selain kualitas air, hal yang perlu diperhatikan adalah kemasan. Kemasan air minum isi ulang umumnya menggunakan galon. Kemasan galon isi ulang menjadi pilihan karena harganya yang murah dan bisa digunakan kembali. Penggunaan kemasan galon yang berulang dapat memicu terjadinya kontaminasi mikroplastik ke dalam air minum. Deteksi mikroplastik pada AMDK galon isi ulang perlu diteliti lebih lanjut untuk melihat tingkat kontaminasi pada produk tersebut. Paparan mikroplastik yang masuk ke dalam air baku dapat ikut mencemari air isi ulang yang akan digunakan.

Menurut *World Health Organization* (WHO) pada tahun 2019, air minum dapat menjadi salah satu media yang memungkinkan masuknya mikroplastik ke dalam tubuh. Studi tentang keberadaan mikroplastik pada makanan dan minuman kemasan tertentu telah dilakukan, namun perlu penelitian lebih lanjut pada air minum (Liebezeit & Liebezeit, 2014; Van Cauwenberghe & Janssen, 2014; Yang *et al.*, 2015; Schymanski *et al.*, 2018). Berdasarkan beberapa permasalahan di atas, deteksi keberadaan mikroplastik pada air minum perlu dilakukan khususnya AMDK galon isi ulang.

## 1.2. Tinjauan Pustaka

### 1.2.1. Mikroplastik

Mikroplastik pertama kali diidentifikasi keberadaannya pada sekitar tahun 1970 (Carpenter *et al.*, 1972 dalam Dehaut *et al.*, 2016). Mikroplastik adalah plastik yang berukuran sangat kecil (<5 mm) (Quinn & Crawford, 2017). Di beberapa penelitian objek partikel yang dikategorikan mikroplastik dapat berukuran 300 µm (Victoria, 2017). Mikroplastik terbagi menjadi dua sumber yaitu secara primer dan sekunder (Harpah *et al.*, 2020). Sumber primer berasal dari produk rumah tangga dan limbah industri yang masuk melalui saluran limbah seperti polipropilena dan polistirena. Sedangkan sumber sekunder berasal dari potongan plastik yang lebih besar seperti dari bahan baku industri sintetis, cucian pakaian hingga pelapukan produksi plastik (Victoria, 2017). Waktu tinggal mikroplastik yang bersumber dari sekunder di perairan lebih lama dan diyakini penyebab sumber utama mikroplastik.

Jenis mikroplastik pada perairan yang telah teridentifikasi adalah akrilik, poliamida, polyester, polietilen, poliropilena dan polistiren (Eerkes-Medrano *et al.*, 2015; Di & Wang, 2018). Pada biota laut seperti *seafood* paling banyak mengandung mikroplastik jenis polietilen (PET) 79%, polipropilen (PP) 64%, polistiren (PS) 40%, dan nilon 17%. Jenis plastik yang sama (PET, PE, PS dan PP) juga paling banyak ditemukan dalam sampel air mineral Schymanski *et al.* (2018).

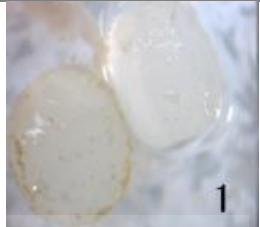
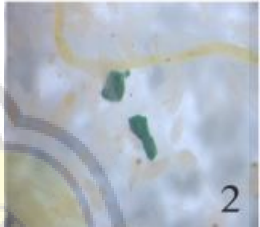

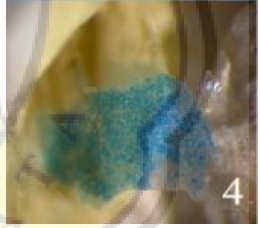

Tabel 1. Jenis mikroplastik yang sering ditemui dan densitasnya

Tipe plastik	Densitas (g/cm <sup>3</sup> )
<i>Polyethylene</i>	0,917 – 0,965
<i>Polypropylene</i>	0,9 – 0,91
<i>Polystyrene</i>	1,04 – 1,1
<i>Polyamide (Nylon)</i>	1,02 – 1,05
<i>Polyester</i>	1,24 – 2,3
<i>Acrylic</i>	1,09 – 1,2
<i>Polyoxymethylene</i>	1,41 – 1,61
<i>Polyvinyl Alcohol</i>	1,19 – 1,31
<i>Polyvinyl Chloride</i>	1,16 – 1,58
<i>Poly Methylacrylate</i>	1,17 – 1,2
<i>Polyethylene Terephthalate</i>	1,37 – 1,45
<i>Alkyd</i>	1,24 – 2,1
<i>Polyurethane</i>	1,2

(Hidalgo-Ruz *et al.*, 2012)

Beberapa penelitian mendeteksi berbagai macam bentuk dari mikroplastik. Bentuk mikroplastik berdasarkan Burns & Boxall (2018) yaitu fragmen, fiber, film, busa, dan *beads*. Selain itu, Gago *et al.* (2018) juga menemukan bahwa terdapat bentuk mikroplastik berupa pellet, filamen dan tali. Dalam Pivokonsky *et al.* (2018) bentuk mikroplastik yang teridentifikasi pada air mentah maupun air pengolahan dibagi dalam 3 kelompok yaitu fiber, bulat (*spherical*) dan fragmen. Berdasarkan bentuknya, mikroplastik diklasifikasikan dalam beberapa kategori (Gago *et al.*, 2018) pada Tabel 2.

Tabel 2. Klasifikasi bentuk mikroplastik

Klasifikasi	Definisi	Contoh Gambar
<i>Pellet</i>	Butiran atau butiran mikro	
<i>Fragment</i>	Serpihan tidak beraturan	
<i>Fiber</i>	Seperti serat mikro	
<i>Film</i>	Lembaran halus maupun bersudut	
<i>Filament</i>	Berserat namun lebih lebar dan panjang	

(Gago et al., 2018)

### 1.2.2. Air Minum

Kebutuhan masyarakat makin hari makin bervariasi dalam mengonsumsi air minum. Menurut WHO tahun 2016, rata-rata tubuh manusia memerlukan 2 liter air sebagai asupan. Secara umum, air minum yaitu air yang dikonsumsi dengan melalui proses pengolahan maupun tanpa pengolahan selama memenuhi syarat kesehatan.

Air yang layak untuk diminum aman bagi kesehatan jika memenuhi persyaratan fisik, mikrobiologi, kimiawi dan radioaktif berdasarkan Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia tahun 2010 Tentang Persyaratan Kualitas Air Minum.

Air dapat diperoleh melalui air permukaan (air sungai dan danau), air tanah, air hujan dan mata air. Untuk memenuhi kebutuhan air minum tersebut dapat menggunakan beberapa cara seperti perpipaan (PDAM), air minum dalam kemasan (AMDK), dan AMDK galon isi ulang. Sebagian besar masyarakat cenderung mengkonsumsi air minum yang telah siap pakai yang menyebabkan badan usaha pengisian air minum berkembang pesat (Kurniawan *et al.*, 2014).

Di Indonesia, salah satu penyedia layanan air dibantu oleh perusahaan daerah air minum (PDAM). PDAM melakukan proses pengolahan air dengan membuat penampungan dari air permukaan, aerasi (menambah oksigen ke air dan menghilangkan bau rasa serta gas lainnya), koagulasi (menggumpalkan), dan flokulasi (pengendapan). Kemudian dilakukan sedimentasi untuk memisahkan bagian padat, lalu difiltrasi dan reservoir. Sumber air yang digunakan sebagai air minum berasal dari air permukaan. Dalam Peraturan Pemerintah nomor 122 tahun 2015 tentang Sistem Penyediaan Air Minum, air minum adalah air rumah tangga yang sudah melalui proses pengolahan maupun tanpa pengolahan namun memenuhi syarat kesehatan.

Selain melalui PDAM, kebutuhan air minum masyarakat dipenuhi oleh DAMIU yang merupakan pengolahan air minum yang layak dikonsumsi. DAMIU merupakan usaha yang melakukan pengolahan air baku menjadi air minum dan dijual langsung kepada konsumen (Tarelluan, Sapulete & Monintja, 2016). Hal ini juga dikatakan oleh Marhamah & Santoso (2020) bahwa DAMIU adalah usaha industri yang melakukan pengolahan air baku untuk dijual kepada konsumen. Kualitas air minum yang diolah melalui DAMIU wajib memenuhi standar baku mutu serta memenuhi persyaratan sanitasi dan higienitas.

### 1.2.3. Air Minum Isi Ulang Kemasan Galon

AMIU menjadi salah satu alternatif dalam pemenuhan kebutuhan air bagi masyarakat. Secara umum, air minum isi ulang merupakan air yang telah melalui proses pengolahan sehingga dapat langsung dikonsumsi sesuai syarat kesehatan. Di Indonesia, potensi untuk mengembangkan usaha air minum isi ulang berkembang pesat setiap tahunnya. Menurut Ronny, *et al* (2016) Jawa Tengah menjadi urutan keempat dalam pengembangan usaha DAMIU yaitu mencapai 9%, setelah Jawa Timur (35%), Jawa Barat (27%) dan DKI Jakarta (13%). Pengembangan usaha ini terus meningkat disebabkan karena kebutuhan masyarakat semakin tinggi dan cenderung mencari sarana pemenuhan yang lebih murah yaitu AMIU.

Dalam segi harga, AMIU lebih murah dan terjangkau dibandingkan AMDK. AMIU menjadi salah satu jawaban untuk memenuhi kebutuhan air minum masyarakat Indonesia dengan harga terjangkau dan praktis sehingga AMIU menjadi pilihan masyarakat dalam mengkonsumsi air minum. Namun masyarakat masih meragukan AMIU dari segi kualitasnya karena kurangnya informasi yang jelas dari segi proses dan peraturan peredaran dan pengawasannya (Mairizki, 2017).

Proses pengolahan air minum isi ulang pada dasarnya harus menghilangkan segala jenis polutan pencemar baik secara fisik maupun kimia hingga bakteriologis. Partikel tersuspensi atau pencemar dapat dihilangkan dengan proses koagulasi, sedimentasi serta filtrasi. Pada depot air minum isi ulang, pemerintah melalui Surat Keputusan Menteri Perindustrian dan Perdagangan RI No. 651/MPP/Kep/10/2004 tentang Persyaratan Teknis Depot Air Minum dan Perdagangan telah membuat urutan produksi dalam pengolahan air di depot air minum isi ulang. Berikut adalah proses yang telah ditetapkan Kemenperindag:

#### 1. Penampungan dan syarat bak penampung untuk air baku

Pengangkutan air baku dari sumbernya menggunakan tangki dan ditampung pada tangki penampung (*reservoir*). Bahan bak penampung harus *food grade* seperti *stainless steel*, polikarbonat dan terbebas dari bahan yang mudah tercemar pada air.

Sedangkan untuk tangki pengangkut hanya khusus untuk air minum, mudah dibersihkan dan didesinfeksi minimal 3 bulan sekali, mempunyai manhole, proses pengisian serta pengeluaran air melalui keran. Lalu, selang dan pompa yang digunakan untuk bongkar muat harus diberi penutup dan terhindar dari kontaminasi. Semua peralatan seperti tangka galang, pompa dan sambungan berbahan *food grade*.

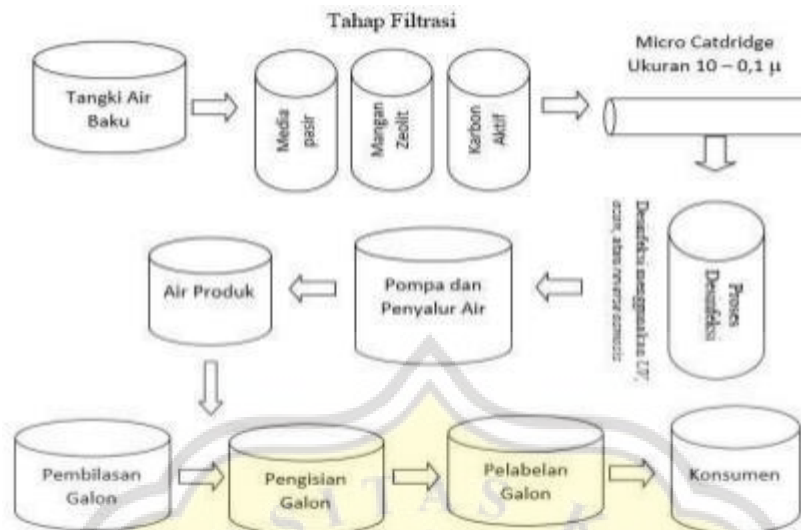
2. Penyaringan yang bertahap terdiri dari :

- a. Saringan pasir atau lainnya yang berfungsi untuk menyaring partikel kasar dan bahan yang digunakan butir-butir silica ( $\text{SiO}_2$ ), minimal 80%.
- b. Saringan karbon aktif. Bahan yang digunakan berasal dari batu bara atau batok kelapa sebagai penyerap bau, rasa, warna, sisa klor, dan bahan organik. Daya serap terhadap Iodine ( $\text{I}_2$ ) minimal 75%.
- c. Saringan/filter lainnya yang berfungsi sebagai saringan halus berukuran maksimum 10 (sepuluh) mikron.

3. Desinfeksi sebagai membunuh patogen.

Tindakan dapat dilakukan dengan ozon ( $\text{O}_3$ ) dan sinar ultraviolet (UV). Desinfeksi dengan ozon dalam tangki atau alat pencampuran ozon lainnya dengan konsentrasi minimal 0,1 ppm dan residu ozon setelah pengisian antara 0,06 – 0,1 ppm. Sedangkan dengan sinar UV menggunakan panjang gelombang 254 nm atau kekuatan 25370 A dengan intensitas minimum 10.000 mw detik per  $\text{cm}^2$ . Proses ozonisasi menjadi salah satu yang efektif karena mengambil oksigen di udara lalu dilewatkan dengan loncatan arus listrik, kemudian disemprotkan ke air (Purba, 2011). Dengan metode ini, berbagai macam makhluk hidup mikro akan berada pada lingkungan yang penuh ozon dan selnya akan menjadi rusak lalu mati.





Gambar 1. Alur Produksi di Depot Air Minum Isi Ulang  
Sumber : (Peraturan Kementerian Perindustrian RI, 2011)

#### 1.2.4. Pencemaran Mikroplastik pada Air dan Air Minum dalam Kemasan

Pencemaran mikroplastik telah terjadi dimana-mana seperti di lautan, air sungai, air tawar, air limbah, udara, pada makanan dan sumber air lainnya bahkan pada air minum seperti air minum isi ulang maupun air kemasan. Mikroplastik yang ditemukan di dalam air minum seperti air dapat berasal dari sistem pengolahan dan distribusi untuk air ledeng dan air pada kemasan botol (Wagner & Lambert, 2017). Partikel mikroplastik menjadi salah satu bentuk pencemaran sumber air yang cukup banyak ditemukan saat ini. Polimer plastik banyak digunakan pada produk pangan. Material pada kemasan galon yang digunakan berulang dapat menyebabkan *stress* atau tekanan pada materi plastik sehingga menyebabkan plastik terabrasi dan partikel plastik masuk ke dalam air minum (Schymanski *et al.*, 2018). Frekuensi masuknya mikroplastik juga berpengaruh pada pembukaan dan penutupan botol, semakin tinggi jumlah pembukaan dan penutupan maka tingkat abrasi juga semakin besar (Winker *et al.*, 2019).

Identifikasi keberadaan mikroplastik pada air minum masih perlu dikaji lebih lanjut. Air minum menjadi media yang mudah untuk terpapar mikroplastik. Air dipermukaan lebih mudah untuk terkontaminasi partikel dari udara. Beberapa plastik yang ringan dideteksi menjadi puing yang mengapung diatas permukaan air,

sedangkan yang lebih berat akan tenggelam dan dideteksi dalam sedimen (Andrady, 2011). Analisis cemaran mikroplastik pada air kran telah di uji pada 14 negara dan lebih dari seperlimanya mengandung mikroplastik (Lam *et al.*, 2020). Cemaran pada air dalam kemasan lebih tinggi, daripada air kran karena adanya kontak selama pengolahan di pabrik. Schymanski *et al.* (2018) dalam penelitiannya mengungkapkan bahwa sebagian besar partikel mikroplastik pada air mineral bersumber dari kemasan itu sendiri (PET).

Pengemasan produk pangan banyak menggunakan polimer jenis PP, PE dan PET (Plastic Europe, 2019). Kemasan menggunakan bahan ini perlu diteliti lebih lanjut, karena dapat terjadi abrasi atau kerapuhan dari waktu ke waktu. Berdasarkan penemuan Mintenig *et al.* (2019) partikel berbentuk fragmen yang kecil (50-150  $\mu\text{m}$ ) dengan jenis polimer yang berbeda – beda yaitu *Polyester* dan *Polyethylene Terephthalate* (PEST), PVC, PE, PA dan resin. Mikroplastik yang muncul akibat dari abrasi bahan plastik selama pemurnian maupun proses pengangkutan. Penggunaan kemasan yang berulang juga akan mempengaruhi tekanan kemasan sehingga partikel plastik akan terkikis dan masuk kedalam air. Penelitian yang dilakukan Schymanski *et al.* (2018) dan Oßmann *et al.* (2018) menunjukkan jika konsentrasi mikroplastik tertinggi pada sampel AMDK plastik karena menggunakan kemasan secara berulang-ulang. Berikut ini adalah beberapa penelitian sejenis terkait air yang digunakan dalam kehidupan sehari-hari.

Tabel 3. Beberapa Penelitian tentang Keberadaan Mikroplastik pada Air Minum

Penelitian	Sampel	Jumlah Sampel	Metode	Hasil Penelitian
Mason <i>et al.</i> (2018)	Air minum kemasan botol	259 botol (500 mL-2 L)	<i>Nile red Tagging</i> ( $>6\mu\text{m}$ ), <i>FTIR spectroscopy</i> ( $>100\mu\text{m}$ )	259 total botol dianalisis, 93% menunjukkan adanya mikroplastik. 54% Polipropilena, 13% mikrofiber dan 65% mikroplastik fragmen pada air keran.
Pivokonsky <i>et al.</i> (2018)	<i>Treated Water</i> dan <i>Raw Water</i>	1 L (total 54 L : 27 L raw water & 27 L treated water)	<i>Wet Peroxide Oxidation</i> ; <i>SEM</i> ; <i>FTIR</i> ; <i>Raman</i> ; <i>Elemental microanalysis</i>	Sampel WTP terdeteksi <i>polyethylene terephthalate</i> (PET) rata-rata 60, 68 dan 27%, jenis <i>polypropylene</i> (PP) 16–26% dan <i>polyethylene</i> (PE) 35 % serta sebagian besar (24%) mikroplastik.
Mintenig <i>et al.</i> (2019)	Air Minum	1200-2500 L	<i>FTIR spectroscopy</i>	Dari 24 sampel air mentah dan air minum yang diperiksa rata-rata terkontaminasi 0 sampai $7\text{m}^{-3}$ mikroplastik.
Strand <i>et al.</i> (2018)	Air keran dari tempat kerja, institusi dan rumah tangga.	3 sampel; 17 sampel (50 L)	<i>Dissection Microscope FTIR spectroscopy</i>	16 dari 17 sampel (29 per 50 L). Terdapat 3 % partikel seperti mikroplastik, selulosa (76%), sedikit spektra (10%), tidak diketahui (7%) serta seperti protein (4%).
Wiesheu <i>et al.</i> (2016)	Air mineral kemasan botol	3 L	<i>Raman microspectroscopy</i>	Terdapat satu serat sintetis (PET) yang ditemukan di salah satu sampel air.

### 1.3. Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengukur dan mengkarakterisasi kandungan mikroplastik pada air minum isi ulang yang diproduksi oleh Depot Air Minum Isi Ulang (DAMIU) di Kelurahan Bendan dan Karangrejo Semarang.

