

Kandungan Mikroplastik Pada Air Minum Dalam Kemasan (AMDK) yang Beredar di Semarang, Jawa Tengah

Edy Supriyo* dan Siti Nurlaela Noviana

Teknologi Rekayasa Kimia Industri, Sekolah Vokasi, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. H. Soedarto S.H, Tembalang, Semarang, Jawa Tengah 50275 Indonesia
Email: edyspy2000@yahoo.co.id

Abstrak

Mikroplastik merupakan partikel plastik yang berukuran 1–5000 μm . Mikroplastik dapat ditemukan dimana saja dan salah satunya adalah pada air minum. Air minum dalam kemasan (AMDK) selama ini dianggap sebagai produk higienis sehingga aman dikonsumsi, dan menjadi andalan masyarakat untuk memenuhi asupan cairan tubuh. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kandungan mikroplastik yang terdapat dalam AMDK yang beredar di Semarang, Jawa Tengah. Sampel berupa AMDK merek A dan P dalam kemasan botol plastik bervolume 600 dan 500 mL serta gallon bervolume 19 Liter diambil dari distributornya di Kota Semarang, yang dipanaskan dengan sinar matahari pada suhu 28 dan 40°C. Air sampel kemudian disaring menggunakan *membrane filter* PTFE *hydrophilic* dengan pori 0,22 μm dan dikeringkan dalam desikator selama 24 jam, ditimbang serta diamati dengan mikroskop stereo dan dengan FTIR Spectrometer. Hasil penelitian menunjukkan bahwa di semua sampel terdapat mikroplastik dalam bentuk fragmen dan fiber yang berturut-turut berukuran 1,91-44,85 μm dan 2,94-130,02 μm . Mikroplastik berukuran 1–10 μm mempunyai angka Z-score terbesar yaitu 1,953. Jumlah dan berat mikroplastik tertinggi ditemukan pada air dalam kemasan botol P pada suhu 40°C yaitu 97 partikel/500 mL dan 0,0136 gr. Mikroplastik yang ada dalam AMDK merupakan plastik dengan gugus fungsi *polyethylene terephthalate* (PET), yang diperkirakan berasal dari kemasan AMDK tersebut.

Kata Kunci: AMDK, mikroplastik, Semarang, ukuran, kandungan.

Abstract

Microplastic Content in Bottled Drinking Water Circulating in Semarang, Central Java

Microplastics are plastic particles measuring 1–5000 μm . Microplastics can be found anywhere, and one of them is in drinking water. Bottled drinking water (or Air Minum dalam kemasan/AMDK) has long been considered hygienic. Hence, it is safe for consumption and has become a mainstay for people to fulfill their body's fluid intake. This research aims to analyze the microplastic content in AMDK marketed in Semarang, Central Java. Samples in the form of AMDK brands A and P in plastic bottles of 600 and 500 ml and gallons with a volume of 19 liters were taken from the distributor in Semarang City, which were heated with sunlight at temperatures of 28 and 40°C. The sample water was then filtered using a PTFE hydrophilic membrane filter with 0.22 μm pores, dried in a desiccator for 24 hours, weighed, and observed with a stereo microscope and an FTIR Spectrometer. The results showed that there were microplastics in all samples in fragments and fibers measuring 1.91-44.85 μm and 2.94-130.02 μm , respectively. Microplastics measuring 1–10 μm have the largest Z-score, i.e. 1.953. The highest number and weight of microplastics were found in P bottles of water at a temperature of 40°C, i.e. 97 particles/500 mL and 0.0136 gr. The microplastics in AMDK are plastics with the polyethylene terephthalate (PET) functional group, which is thought to come from their packaging

Keywords: Bottled mineral water, microplastics, Semarang, size, content.

PENDAHULUAN

Seiring dengan bertambahnya jumlah pemakaian plastik baik di industri maupun kehidupan sehari-hari, maka ditemukannya partikel-partikel plastik di lingkungan pun makin meningkat dari waktu ke waktu. Berbagai proses kimia di lingkungan menyebabkan plastik dapat terurai menjadi mikroplastik, lalu terurai menjadi ukuran lebih kecil lagi, yaitu nanoplastik. Ukuran mikroplastik yang semakin kecil akan berdampak negatif yang lebih besar karena dengan ukurannya yang kecil, plastik dapat dengan mudah terserap dan terakumulasi dalam tubuh makhluk hidup.

Air minum merupakan kebutuhan utama manusia. Air ini adalah telah melewati tanpa atau dengan prosedur pengolahan yang memenuhi persyaratan kesehatan dan dapat langsung diminum. Di dalam tubuh manusia terdapat 70–80% cairan yang berupa air, terutama pada otak dan darah sehingga manusia tidak bisa hidup tanpa adanya air (Yousif *et al.*, 2018; Putri & Fuadah, 2020). Oleh sebab itu, manusia memerlukan asupan air yang cukup untuk memenuhi kesehatan tubuhnya, yaitu sekitar 1–2,5 Liter atau 6–8 gelas setiap hari.

Pada tahun 2018 jumlah penduduk Indonesia mencapai 265 juta jiwa (Badan Pusat Statistik, 2015) dan kebutuhan air minum sehari dapat mencapai 530 juta liter tertinggi dipenuhi dari air minum dalam kemasan (Lestari, 2021) dibandingkan sumber konsumsi air lain yang meliputi air ledeng, pompa, sumur, air hujan, mata air, dan sumber lainnya (Badan Pusat Statistik, 2017). Konsumsi AMDK di Indonesia mengalami kenaikan disebabkan oleh meningkatnya jumlah masyarakat yang berpendapatan menengah keatas dan masyarakat yang memilih untuk mengonsumsi AMDK dibandingkan air minum lainnya dengan alasan karena lebih praktis (Mufrodi *et al.*, 2019).

Sebenarnya AMDK memiliki standar kualitas terbaik air minum (Calvinus, 2019), namun beberapa penelitian menemukan adanya mikroplastik di air minum (Syarif *et al.*, 2021; Faujiah & Wahyuni, 2022). Partikel mikroplastik pada AMDK bisa berasal dari kemasan seperti tutup botol. Mikroplastik didefinisikan sebagai plastik dengan ukuran kurang dari 5 mm. Mason *et al.* (2018) menemukan sebanyak 93% dari total 259 sampel botol AMDK yang dikumpulkan dari

berbagai negara termasuk Indonesia mengandung mikroplastik

Secara spesifik, ukuran mikroplastik yang sangat kecil lebih berbahaya dibandingkan dengan ukuran yang lebih besar karena ukuran kecil dapat terakumulasi dalam jaringan biologis. Selain ukuran, mikroplastik yang melewati jumlah ambang batas dapat merangsang timbulnya respon biologis dalam tubuh manusia, seperti radang, oksidatif, stress, hingga karsinogenesis (Wright & Kelly, 2017). Mengingat tingginya konsumsi AMDK oleh masyarakat Indonesia maka penelitian kandungan mikroplastik dalam AMDK khususnya di Semarang, Jawa Tengah perlu dilakukan. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisa kandungan mikroplastik yang terdapat pada AMDK yang beredar di Semarang, Jawa Tengah.

METODOLOGI

Sampel air minum dalam kemasan (AMDK) dalam penelitian adalah AMDK bermerek A dan P, berbentuk kemasan botol bervolume 600 dan 500 mL, serta kemasan galon bervolume 19 L. AMDK ini berasal dari distributor daerah Semarang. Pada sampel AMDK dilakukan eksperimen dengan dipanaskan dibawah sinar matahari hingga temperature 28°C dan 40°C. Preparasi sample AMDK dilakukan sesuai dengan metode Mintenig *et al.* (2019). Setiap sampel AMDK diambil sebanyak 500 mL dan dihomogenkan. Kertas saring yang akan digunakan ditimbang. Sampel AMDK disaring menggunakan *membrane filter* PTFE *hydrophilic* dengan pori 0,22 µm. Kemudian kertas saring dengan mikroplastik dikeringkan dalam desikator selama 24 jam. Kertas saring kemudian ditimbang dengan neraca digital dan dicatat sebagai bobot residu.

Mikroplastik selanjutnya dianalisis dengan metode Mason *et al.* (2018). Kertas saring dengan residu mikroplastik kemudian diamati dengan mikroskop stereo. Jumlah, bentuk dan ukuran mikroplastik yang ditemukan dihitung berdasarkan pemeriksaan visual dan Z-score. Massa mikroplastik dicatat berdasarkan metode gravimetri dan Z-score. FTIR Spectrometer Shimadzu IR Perstige-21 digunakan untuk menentukan gugus fungsi dari mikroplastik yang dihasilkan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil analisis awal menunjukkan bahwa AMDK pada semua sampel blanko baik

kemasan botol dan gallon, merk A dan P sudah terdapat mikroplastik. Mikroplastik pada semua sampel berbentuk fragmen dengan warna hitam, coklat, transparan, dan putih, serta fiber dengan warna merah, biru, hijau, dan hitam. Dan mikroplastik berbentuk fragmen jauh lebih banyak dibandingkan dengan fiber.

Hasil analisa pada AMDK yang dipanaskan hingga 28 dan 40°C menemukan mikroplastik dalam semua sampel AMDK berbentuk fragmen dengan warna partikel hitam, cokelat, transparan, dan putih; demikian juga mikroplastik berbentuk fiber dengan warna partikel merah, biru, hijau, dan hitam. kecuali variabel botol A pada temperature 28°C hanya berbentuk fragmen. Botol P pada temperature 40°C memiliki bentuk fiber yang cukup tinggi dibandingkan dengan sampel lainnya.

Bentuk mikroplastik yang ditemukan air minum ini sesuai hasil penelitian Danopoulos *et al.* (2020) yaitu didominasi bentuk fragmen. Sedangkan penelitian Mason *et al.* (2018) hanya menemukan 4% partikel mikroplastik yang bentuk fragmen yang merupakan ciri khas pada industri pelumas, dan kemungkinan berasal dari proses pengemasan AMDK (Oßmann, 2021).

Warna merupakan sifat intrinsik mikroplastik yang dapat digunakan sebagai identifikasi awal dari komposisi kimia (Rodríguez-Sejjo & Pereira, 2017). Partikel mikroplastik dapat berwarna transparan, putih, dan buram (biru, merah, cokelat, dan hitam) yang biasanya dapat dikaitkan dengan polipropilen dan polietilen. Jadi dalam penelitian ini, partikel dengan warna transparan dan buram merupakan propilen dan polietilen. Warna yang terdeteksi pada mikroskop dapat juga disebabkan oleh partikel pigmen dari penambahan zat aditif (Oßmann, 2021).

Bentuk merupakan salah satu karakteristik partikel yang paling penting. Bentuk mikroplastik berpengaruh terhadap kesehatan manusia. Dalam jaringan kanker paru-paru ditemukan lebih banyak mikroplastik dengan bentuk fiber yang terserap dan tersisip merata di dalamnya daripada bentuk mikroplastik lainnya. Bentuk fiber juga merupakan salah satu faktor penyebab toksisitas dimana fiber yang berukuran panjang lebih persisten dan beracun bagi paru-paru dan fiber yang berukuran >10 µm bersifat karsinogenesis (Wright & Kelly, 2017).

Selain bentuk, pada penelitian ini dilakukan pengukuran mikroplastik yang terdapat dalam

sampel AMDK mulai dari analisa awal (blanko) hingga analisa akhir dengan variabel yang digunakan berupa botol dan galon, variabel A dan P pada temperature 28 dan 40°C. Berikut hasil pengukuran mikroplastik pada penelitian (Gambar 1-12). 1–10 µm, 10–20, 20–30 µm, 30–40 µm, 40–50 µm, dan >50 µm (Tabel 1). Analisa Z-score digunakan untuk perhitungan yang menunjukkan besarnya suatu sampel terhadap rata-rata dalam satuan standar deviasi. Nilai Z-score secara teoritis kurang dari -3 atau lebih dari +3 yang mengidentifikasi perbedaan ukuran mikroplastik yang terlihat nyata didalam AMDK. Berdasarkan hasil analisa Z-score terhadap ukuran mikroplastik dalam AMDK menunjukkan tidak ada perbedaan yang nyata. Ukuran mikroplastik 1–10 µm menunjukkan angka Z-score terbesar yaitu 1,953 yang merupakan mikroplastik yang banyak dihasilkan dari penelitian ini. Berdasarkan hasil analisa ukuran mikroplastik dalam sampel AMDK yang berbentuk fragmen adalah 1,91-44,85 µm, sedangkan yang berbentuk fiber berukuran 2,94-130,02 µm.

AMDK kemasan botol P pada temperature 40°C mengandung mikroplastik dengan ukuran 1,91-130,02µm yang lebih tinggi, yaitu sebanyak 138 partikel daripada pada temperature 28°C. Sedangkan AMDK pada botol A mengandung mikroplastik yang lebih tinggi dengan ukuran 1,93-62,58µm. Adapun partikel mikroplastik dalam AMDK dibagi ke dalam 6 ukuran, antara lain Adapun partikel mikroplastik dalam AMDK dibagi ke dalam 6 ukuran, antara lain sebanyak 181 partikel pada temperature 40°C daripada temperature 28°C. Menurut Zhou *et al.* (2023), hal ini mungkin disebabkan oleh suhu yang lebih tinggi cenderung lebih banyak melepaskan mikroplastik berukuran kecil.

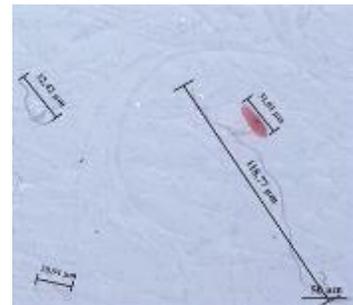
Pada penelitian ini, dapat mendeteksi mikroplastik yang berukuran kurang dari 150 µm yang lebih banyak dari penelitian sebelumnya (Mintenig *et al.*, 2019). Menurut Koelmans *et al.* (2019) mikroplastik berukuran kecil beresiko lebih tinggi dibandingkan dengan ukuran yang besar, sehingga dengan meminum air dengan jumlah mikroplastik yang tinggi dapat membahayakan kesehatan manusia (Zhou *et al.*, 2023). Mikroplastik dengan ukuran kecil akan lebih cepat terserap oleh sel organ. Selain itu, mikroplastik kecil yang juga banyak terdapat di udara dapat menyebabkan



Gambar 1. Botol A (Blanko)



Gambar 2. Galon A (Blanko)



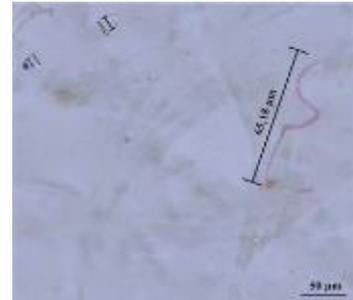
Gambar 3. Galon P (Blanko)



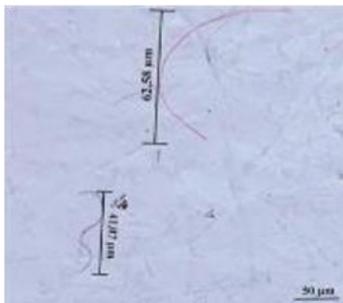
Gambar 4. Galon P



Gambar 5. Galon A 28 °C



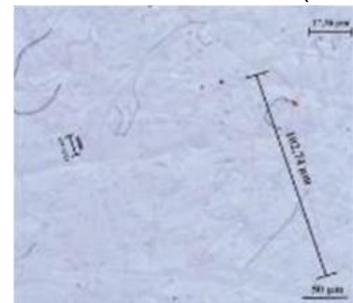
Gambar 6. Galon A 28 °C (Blanko)



Gambar 7. Botol A 40 °C



Gambar 8. Galon A 40 °C



Gambar 9. Botol P 28 °C



Gambar 10. Galon P 28 °C



Gambar 11. Botol P 40 °C



Gambar 12. Galon P 40 °C



Gambar 13. Hasil Pengamatan Menggunakan Metde Counting Chamber

Tabel 1. Ukuran Partikel Mikroplastik dalam AMDK

Variabel			Ukuran					
			1–10 µm	10–20 µm	20–30 µm	30–40 µm	40–50 µm	>50 µm
Botol	A	Blanko	7	8	2	7	3	5
Galon	A	Blanko	8	3	3	2		
Botol	P	Blanko	23	2	5	8	15	1
Galon	P	Blanko	12	4	2	4		
Botol	A	28 °C	27	8	3			
Galon	A	28 °C	6	9	2	1	2	1
Botol	A	40 °C	33	10	8	9	6	5
Galon	A	40 °C	20	14	7		4	2
Botol	P	28 °C	21	16	7	10	3	2
Galon	P	28 °C	17	6		2	5	
Botol	P	40 °C	42	19	12	8	9	7
Galon	P	40 °C	36	8	11	2		1
Rata-rata			21	8,917	5,636	5,3	5,875	3
Z-score			1,953	0,097	-0,407	-0,459	-0,371	-0,813

manusia mengalami paparan ganda pada saluran pernapasan dan pencernaan (Zhang *et al.*, 2022). Menurut WHO adanya kemungkinan bahwa beberapa partikel mikroplastik dengan ukuran yang kecil dapat melewati dinding usus dan mengalami translokasi ke jaringan yang jauh dari mocusa, namun hal ini belum tentu menimbulkan resiko terhadap kesehatan manusia (Oßmann, 2021).

Selama proses pengiriman, plastik kemasan mengalami tegangan geser yang cukup tinggi akibat guncangan dan benturan pada minuman yang dapat meningkatkan pelepasan mikroplastik (Enfrin *et al.*, 2020). Wadah air minum yang lebih ramah lingkungan dan tidak berbahaya perlu dikembangkan untuk mengurangi resiko tingginya konsumsi mikroplastik oleh manusia di masa yang akan datang.

Kandungan dan Jumlah Mikroplastik

Jumlah mikroplastik pada AMDK dihitung menggunakan analisis *counting chamber* dengan menghitung jumlah sel dalam sampel. Prinsipnya didasarkan pada perhitungan jumlah partikel di suatu ruang atau *chamber* yang diamati melalui mikroskop (Gambar 13).

Berdasarkan hasil penelitian ini (Tabel 2) diperoleh jumlah mikroplastik pada botol A dan P (blanko) sebesar 38,4 dan 54 partikel/botol. Sedangkan jumlah mikroplastik yang terdapat

dalam botol A pada temperature 28 dan 40°C berturut-turut sebesar 45,6 dan 85,2 partikel/botol. Mikroplastik dalam botol P pada temperature 28 dan 40°C sebesar 59 dan 97 partikel/botol. Hasil tersebut menunjukkan bahwa botol P pada temperature 40°C terdapat jumlah mikroplastik yang paling tinggi dibandingkan variabel lainnya.

Analisa Z-score yang diperoleh dari jumlah mikroplastik pada botol A (blanko), botol P (blanko), botol A pada temperature 28 °C dan 40 °C, serta botol pada temperature 28 °C dan 40 °C berturut-turut adalah -1,077; 0,399; -0,764; 0,955; -0,182; 1,467. Dari hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa standar deviasi tertinggi terdapat pada variabel botol P pada temperature 40 °C dimana menghasilkan pelepasan mikroplastik tertinggi.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa jumlah mikroplastik pada galon A (blanko) sebesar 16 partikel/500mL atau 608 partikel/galon, sedangkan pada galon P (blanko) sebesar 22 partikel/500mL atau 836 partikel/galon. Sedangkan jumlah mikroplastik yang terdapat dalam galon A pada temperature 28 dan 40°C berturut-turut adalah 21 partikel/500mL atau 798 partikel/botol serta 47 partikel/500mL atau 1786 partikel/gallon. Dalam galon P pada temperature 28 dan 40°C berturut-turut terdapat mikroplastik sebesar 30 partikel/500mL atau 1140 partikel/gallon serta 58 partikel/500mL atau 2204 partikel/galon. Hasil yang

didapatkan menunjukkan bahwa galon P pada keadaan suhu 40 °C terdapat jumlah mikroplastik yang paling tinggi dibandingkan variabel lainnya. Jumlah partikel mikroplastik pada AMDK gallon disajikan pada Tabel 3.

Analisa Z-score yang diperoleh dari jumlah mikroplastik pada galon A (blanko), galon P (blanko), galon A pada temperature 28 dan 40°C, serta galon pada temperature 28 dan 40°C berturut-turut adalah -0,983; 0,622; -0,682; 0,882; 0,140; 1,544. Dari hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa standar deviasi tertinggi terdapat pada variabel galon P dimana menghasilkan pelepasan mikroplastik tertinggi.

Di dalam AMDK merek P terdapat kandungan mikroplastik yang lebih tinggi dari pada A baik pada variabel botol maupun galon. Pada variabel botol maupun galon dalam analisis awal (blanko) diperoleh jumlah mikroplastik yang lebih kecil dibandingkan dengan variabel botol dan galon pada temperature 40°C. Hal ini dapat terjadi karena beberapa faktor, seperti sumber air, fasilitas pengemasan yang berbeda, lamanya waktu pengiriman dari pabrik ke konsumen, banyaknya cahaya matahari yang masuk ke dalam air kemasan, dan jauhnya lokasi dari pabrik ke konsumen (Mason *et al.*, 2018). Meskipun kedua jenis AMDK ini (botol dan galon) dalam satu merek memiliki sumber air

yang sama, namun kontaminasi mikroplastik di dalam kemasan galon jauh lebih sedikit dibandingkan dengan kemasan botol. Hal ini menunjukkan bahwa beberapa kontaminasi mikroplastik kemungkinan besar berasal dari kemasannya, namun kemungkinan lain dapat berasal dari sumber airnya (Mason *et al.*, 2018). Pada penelitian ini, tidak ada variabel yang memiliki jumlah mikroplastik yang sama, sehingga hasilnya dapat dipengaruhi oleh jumlah mikroplastik yang berasal dari lamanya waktu pengiriman dari pabrik ke konsumen dan adanya faktor pemanasan pada sampel.

Konsentrasi Mikroplastik

Konsentrasi mikroplastik dalam sampel AMDK dihasilkan melalui proses filtrasi dan penimbangan berat residu yang terdapat dalam *membrane filter*. *Membrane filter* yang digunakan memiliki ukuran pori 0,22 µm ukuran tersebut merupakan ukuran kecil dibandingkan rata-rata ukuran mikroplastik pada umumnya, maka dapat dipastikan bahwa seluruh partikel mikroplastik dalam sampel air dapat tertampung pada *membrane filter*, dan perbedaan massa penimbangan merupakan gambaran dari massa partikel mikroplastik yang dihasilkan.

Tabel 2. Jumlah Partikel Mikroplastik Pada AMDK Botol

Variabel			Mikroplastik (Partikel/500 mL)	Mikroplastik (partikel/botol)	Z-score
Botol	A	28 °C	38	45,6	-0,764
Botol	A	40 °C	71	85,2	0,955
Botol	P	28 °C	59	59	-0,182
Botol	P	40 °C	97	97	1,467
Botol	A	Blanko	32	38,4	-1,077
Botol	P	Blanko	54	54	-0,399

Tabel 3. Jumlah Partikel Mikroplastik Pada AMDK Galon

Variabel			Mikroplastik (Partikel/500mL)	Mikroplastik (partikel/galon)	Z-score
Galon	A	28 °C	21	798	-0,682
Galon	A	40 °C	47	1786	0,882
Galon	P	28 °C	30	1140	0,140
Galon	P	40 °C	58	2204	1,544
Galon	A	Blanko	16	608	-0,983
Galon	P	Blanko	22	836	-0,622

Tabel 4. Massa Mikroplastik Pada AMDK

Variabel			Berat Sampel (gram)	Berat Mikroplastik (gram)	Z-score
Botol	A	Blanko	0,1046	0,0057	-0,586
Galon	A	Blanko	0,1024	0,0035	-1,229
Botol	P	Blanko	0,1055	0,0066	-0,324
Galon	P	Blanko	0,1028	0,0039	-1,112
Botol	A	28 °C	0,1066	0,0077	-0,002
Galon	A	28 °C	0,1031	0,0042	-1,024
Botol	A	40 °C	0,1118	0,0129	1,516
Galon	A	40 °C	0,1087	0,0098	0,611
Botol	P	28 °C	0,1079	0,009	0,377
Galon	P	28 °C	0,1043	0,0054	-0,674
Botol	P	40 °C	0,1125	0,0136	1,720
Galon	P	40 °C	0,1091	0,0102	0,728

Nilai bobot kertas saring kosong sebesar 0,989 gr. Sehingga diperoleh hasil selisih dari bobot residu dengan kertas saring kosong pada botol A (blanko), galon A (blanko), botol P (blanko), dan galon P (blanko) berturut-turut sebesar 0,0057; 0,0035; 0,0066; dan 0,0039 gr. Sedangkan hasil yang diperoleh dari variabel botol A pada keadaan suhu 28 dan 40°C sebesar 0,0077 dan 0,0129 gr. Pada variabel galon A pada keadaan suhu 28 dan 40°C sebesar 0,0042 dan 0,0098 gr. Variabel botol P pada keadaan suhu 28 dan 40°C sebesar 0,009 dan 0,0136 gr. Pada variabel galon P pada keadaan suhu 28 dan 40°C sebesar 0,0054 dan 0,0102 gr. Hasil tertinggi diperoleh pada variabel botol P pada keadaan suhu 40°C dengan nilai rata-rata sebesar 0,0077 gr.

Analisa Z-score yang diperoleh dari konsentrasi mikroplastik pada botol dan galon A (blanko), botol dan galon P (blanko), botol dan galon A dalam keadaan suhu 28 dan 40°C, serta botol dan galon P dalam keadaan suhu 28 dan 40°C berturut-turut adalah -0,586; 1,229; -0,324; -1,112; -0,002; -1,024; 1,516; 0,611; 0,377; -0,674; 1,720; 0,728. Dari hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa standar deviasi tertinggi terdapat pada variabel galon P dimana menghasilkan pelepasan mikroplastik tertinggi.

Hasil Analisis *Fourier Transform Infrared* (FT-IR)

Analisis FT-IR digunakan untuk mendeteksi gugus fungsi dalam senyawa atau material. Gugus fungsi merupakan bagian aktif dari senyawa karbon yang menentukan berbagai sifat senyawanya yang

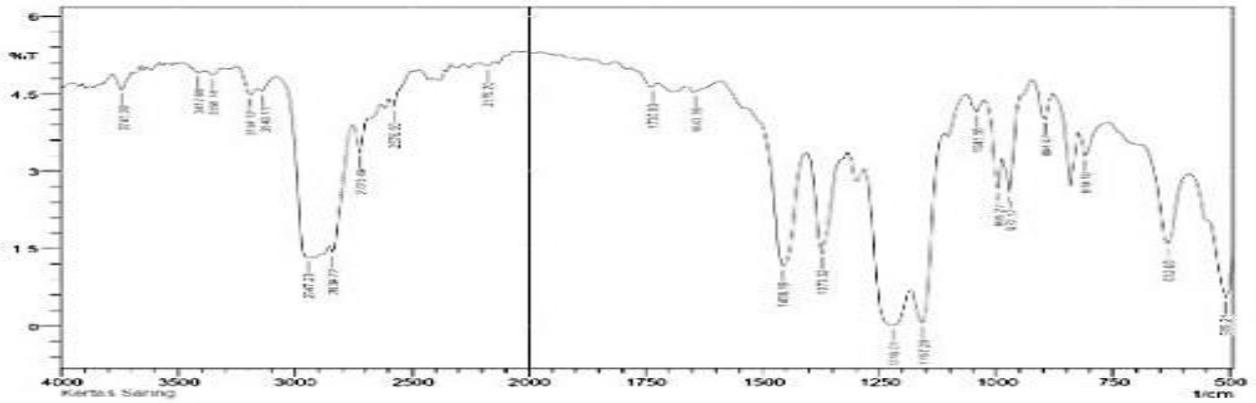
berfungsi sebagai identifikasi dan perbandingan dari senyawa lain. Komposisi polimer mikroplastik di dianalisis menggunakan *Fourier Transfer Infra Red* (FTIR) Spectrometer Shimadzu IR Perstige-21 yang hasilnya dapat dilihat pada Gambar 14, 15, dan 16. Hasil penelitian ini menunjukkan mikroplastik yang ditemukan pada sample AMDK adalah gugus fungsi *polyethylene terephthalate* (PET). Hasil ini terjadi karena minimnya jumlah mikroplastik dalam sampel AMDK dan memiliki ukuran yang kecil (Makhdoumi *et al.*, 2021). Dapat diasumsikan bahwa PET muncul dari kemasan plastik (Kankanige & Babel, 2020).

Berdasarkan hasil eksperimen dengan pemanasan 28 dan 40°C terhadap konsentrasi sampel diketahui bahwa konsentrasi dalam semua sampel tidak memiliki perbedaan secara signifikan. Hal ini juga nampak pada pembacaan FT-IR, dimana intensitas puncak yang diperoleh terlihat sama saat terbaca oleh instrument. Menurut Mason *et al.* (2018) PP adalah jenis polimer yang paling melimpah dengan persentase 54% diantara polistiren, PE, PET, Azron, poliakrilat, dan kopolimer yang ditemukan. Demikian pula hasil studi Schymanski *et al.* (2018) yang menemukan bahwa PET adalah jenis polimer yang melimpah dengan persentase 84%.

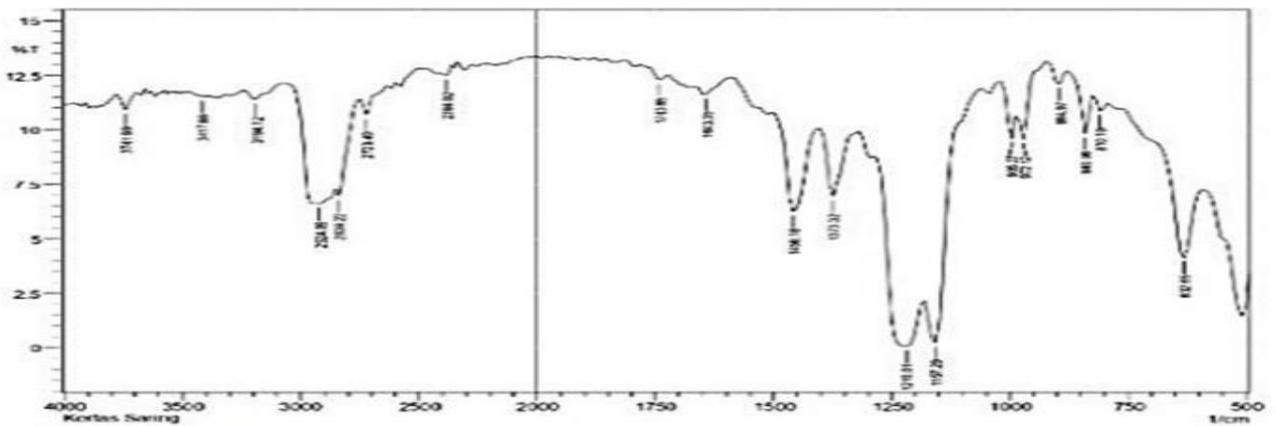
Jumlah mikroplastik yang dilepaskan dari jenis plastic PET pada temperature 40°C jauh lebih tinggi dibandingkan temperature 28°C, hal ini mungkin ditimbulkan oleh deformasi plastik PET dalam air panas. Selain terdegradasinya mikroplastik yang dilepaskan saat meminum

minuman panas dari kemasan plastik, kemungkinan lain terdegradasinya mikroplastik timbul akibat adanya tambahan zat aditif seperti arganotin dan *dibutyl phthalate* (Chen *et al.*, 2019; Yan *et al.*, 2021).

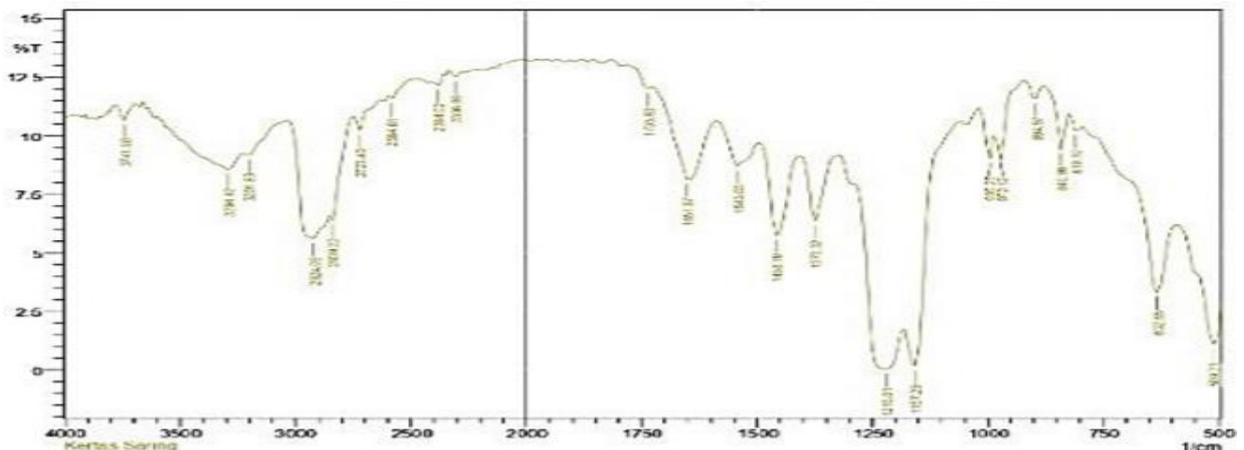
Penambahan zat aditif dapat memperburuk toksisitas dan menimbulkan bahaya bagi keamanan pangan (Zhou *et al.*, 2023).



Gambar 14. Sampel Blanko



Gambar 15. Sampel 28°C



Gambar 16. Sampel 40 °C

KESIMPULAN

Hasil penelitian ini menyimpulkan bahwa bentuk mikroplastik yang dominan berada pada semua sample AMDK berbentuk fragmen, demikian juga jumlah partikel tertinggi mikroplastik berukuran 1–10 μ m yang ditunjukkan angka Z-score yang terbesar (1,953). Ukuran mikroplastik dalam sampel AMDK berbentuk fragmen adalah 1,91–44,58 μ m, dan bentuk fiber berukuran 2,94–130,02 μ m. Dengan adanya pemanasan sampai 40°C, jumlah partikel dan konsentrasi mikroplastik terbanyak terdapat pada sampel botol P (59 partikel/botol dan 0,0136 gr) yang mungkin disebabkan oleh sumber air, fasilitas pengemasan, lamanya waktu pengiriman dari pabrik ke konsumen, dan banyaknya cahaya matahari yang masuk kedalam air kemasan. Pada penelitian ini juga menunjukkan bahwa mikroplastik terdiri dari gugus fungsi *polyethylene terephthalate* (PET), yang diduga berasal dari kemasan plastic AMDK.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pusat Statistik. 2017. Persentase Rumah Tangga Menurut Provinsi dan Sumber Air Minum 2000–2016. <https://www.bps.go.id/statictable/2014/09/10/1361/persentase-rumah-tanggamenurut-provinsi-dan-sumber-air-minum-2000-2016.html>
- Calvinus, Y. 2019. Electronic properties modelling untuk botol air minum (AMDK). *Jurnal Muara Sains, Teknologi, Kedokteran dan Ilmu Kesehatan*, 3(1): 21–28.
- Chen, C., Chen, L., Yao, Y., Artigas, F., Huang, Q., & Zhang, W. 2019. Organotin Release from Polyvinyl Chloride Microplastics and Concurrent Photodegradation in Water: Impacts from Salinity, Dissolved Organic Matter, and Light Exposure. *Environmental Science and Technology*, 53(18): 10741–10752. DOI: 10.1021/acs.est.9b03428
- Danopoulos, E., Twiddy, M., & Rotchell, J.M. 2020. Microplastic contamination of drinking water: A systematic review. *PLoS ONE*, 15: 10–12. DOI: 10.1371/journal.pone.0236838
- Enfrin, M., Lee, J., Gibert, Y., Basheer, F., Kong, L., & Dumée, L.F. 2020. Release of hazardous nanoplastic contaminants due to microplastic fragmentation under shear stress forces. *Journal of Hazardous Materials*, 384: p.121393. DOI: 10.1016/j.jhazmat.2019.121393
- Faujiah, I.N. & Wahyuni, I.R. 2022. Kelimpahan dan Karakteristik Mikroplastik pada Air Minum serta Potensi Dampaknya terhadap Kesehatan Manusia. Gunung Djati Conference Series. Vol. 7. *Prosiding Seminar Nasional Kimia 2021*. <https://conferences.uinsgd.ac.id/index.php/>
- Kankanige, D. & Babel, S. 2020. Science of the Total Environment Smaller-sized microplastics (MPs) contamination in single-use PET-bottled water in Thailand. *Science of the Total Environment*, 717: p.137232. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2020.137232
- Koelmans, A.A., Mohamed Nor, N.H., Hermsen, E., Kooi, M., Mintenig, S.M. & De France, J. 2019. Microplastics in freshwaters and drinking water: Critical review and assessment of data quality. *Water Research*, 155: 410–422. DOI: 10.1016/j.watres.2019.02.054
- Lestari, L. 2021. Konsumsi air kemasan di Indonesia. *Jurnal Litbang Sukowati*, 4(2): 110–119
- Makhdoumi, P., Amin, A.A., Karimi, H., Pirsahab, M., Kim, H. & Hossini, H. 2021. Occurrence of microplastic particles in the most popular Iranian bottled mineral water brands and an assessment of human exposure. *Journal of Water Process Engineering*, 39: p.101708. DOI: 10.1016/j.jwpe.2020.101708
- Mason, S.A. Welch, V.G. & Neratko, J. 2018. Synthetic Polymer Contamination in Bottled Water. *Frontiers in Chemistry*, 6: Article 407. DOI: 10.3389/fchem.2018.00407
- Mintenig, S.M., Löder, M.G.J., Primpke, S., & Gerdt, G. 2019. Low numbers of microplastics detected in drinking water from ground water sources. *Science of the Total Environment*, 648: 631–635. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2018.08.178
- Oßmann, B.E. 2021. Microplastics in drinking water? Present state of knowledge and open questions. *Current Opinion in Food Science*, 41: 44–51. DOI: 10.1016/j.cofs.2021.02.011
- Putri, N.P. & Fudah, Z.A. 2020. Manfaat Air Minum bagi Kesehatan Peserta Didik pada Tingkat MI/SD. *Al-Adzka: Jurnal Ilmiah Pendidikan Guru Madrasah Ibtidaiyah*, 10(1): 33–42. DOI: 10.18592/aladzkapgmi.v10i1.3622

- Rodríguez-Seijo, A. & Pereira, R. 2017. Morphological and physical characterization of microplastics. *Comprehensive analytical chemistry*, 75: 49-66.
- Schymanski, D., Goldbeck, C., Humpf, H.U. & Fürst, P. 2018. Analysis of microplastics in water by micro-Raman spectroscopy: Release of plastic particles from different packaging into mineral water. *Water Research*, 129: 154– 162. DOI: 10.1016/j.watres.2017.11.011
- Syarif, M., Daud, A., & Natsir, M.F. 2021. Identifikasi keberadaan dan bentuk mikroplastik pada air minum isi ulang di Kelurahan Tamangapa Kota Makassar. *Hasanuddin Journal of Public Health*, 2(3): 346-354.
- Wright, S.L., & Kelly, F.J. 2017. Plastic and Human Health: A Micro Issue? *Environmental Science and Technology*, 51(12): 6634–6647. DOI: 10.1021/acs.est.7b00423
- Yan, Y., Zhu, F., Zhu, C., Chen, Z., Liu, S., Wang, C., & Gu, C. 2021. Dibutyl phthalate release from polyvinyl chloride microplastics: Influence of plastic properties and environmental factors. *Water Research*, 204: p.117597. DOI: 10.1016/j.watres.2021.117597
- Zhang, Q., Du, F., Liang, W., Chen, Q., Meng, J., & Shi, H. (2022). Microfiber fallout during dining and potential human intake. *Journal of Hazardous Materials*, 430: p.128477. DOI: 10.1016/j.jhazmat.2022.128477
- Zhou, G., Wu, Q., Tang, P., Chen, C., Cheng, X., Wei, X.F., Ma, J. & Liu, B. 2023. How many microplastics do we ingest when using disposable drink cups? *Journal of Hazardous Materials*, 441: p.129982. DOI: 10.1016/j.jhazmat.2022.129982