



## GO 40

# PENGARUH FREKUENSI PEMAKAIAN DAN PENCUCIAN GALON TERHADAP KELIMPAHAN MIKROPLASTIK PADA AIR OLAHAN DAMIU

Waryati<sup>1\*</sup>, Dwi Ermawati Rahayu<sup>2</sup> dan Rizma Hermalia Widya Putri<sup>3</sup>

<sup>1\*</sup>Program Studi Teknik lingkungan, Universitas Mulawarman, Jl. Sambaliung No. 9, Samarinda

\*e-mail: [waryati@ft.unmul.ac.id](mailto:waryati@ft.unmul.ac.id)

<sup>2</sup> Program Studi Teknik Lingkungan, Universitas Mulawarman, Jl. Sambaliung No. 9, Samarinda

e-mail: [dwiermarahayu@ft.unmul.ac.id](mailto:dwiermarahayu@ft.unmul.ac.id)

<sup>3</sup>Program Studi Teknik Lingkungan, Universitas Mulawarman, Jl. Sambaliung No. 9, Samarinda

e-mail: [rizmahermalia23@gmail.com](mailto:rizmahermalia23@gmail.com)

## ABSTRAK

Di Indonesia, botol plastik isi ulang yang sering disebut dengan istilah galon biasanya memiliki volume 19 liter. Banyak masyarakat Indonesia, terutama masyarakat menengah ke bawah, yang memanfaatkan air olahan dari depot air minum isi ulang (DAMIU) sebagai air minum. Saat ini, keberadaan mikroplastik dalam air minum menjadi kekhawatiran masyarakat di seluruh dunia karena potensi dampaknya terhadap kesehatan. Penelitian ini mengkaji pengaruh lamanya pemakaian galon dan frekuensi pencucian galon terhadap kelimpahan mikroplastik pada air olahan dari depot air minum isi ulang. Kelimpahan mikroplastik diteliti dengan pengambilan sampel pada penggunaan galon di hari ke 10, 20, dan 30, dengan pengisian galon setiap 2 hari sekali selama satu bulan. Selain itu untuk pencucian galon menggunakan mesin sikat dengan variasi waktu 30 detik, 90 detik, dan pencucian tanpa disikat. Sampel galon merupakan galon yang baru. Nilai kelimpahan mikroplastik pada hari ke-30 lebih besar jika dibandingkan dengan sampel pada hari ke-10 dan ke-20. Semakin sering galon digunakan dalam jangka waktu yang lebih lama, semakin besar nilai kelimpahan mikroplastiknya. Semakin lama waktu yang dibutuhkan untuk mencuci galon menggunakan mesin sikat, maka semakin banyak pula mikroplastik yang ada. Kisaran ukuran mikroplastik dalam air yang diolah adalah 20–250  $\mu\text{m}$ , serta berbentuk *fiber*, *fragment*, dan *film*. *Nylon*, *Nitrile*, *Polycarbonate (PC)*, *Polyethylene terephthalate (PETE)*, *Polyvinyl terephthalate (PVC)*, dan *High-density polyethylene (HDPE)* termasuk di antara polimer mikroplastik yang diidentifikasi melalui hasil uji FTIR.

Kata kunci: mikroplastik, air minum, DAMIU, galon, mesin sikat

## 1. PENDAHULUAN

Air minum merupakan kebutuhan dasar makhluk hidup terutama manusia yang dapat dikonsumsi dengan syarat kualitas dan dengan ketentuan yang berlaku. Di Indonesia ketentuan syarat kualitas pada air minum diatur pada Peraturan Menteri Kesehatan No. 2 tahun 2023 tentang Peraturan Pelaksanaan Peraturan Pemerintah Nomor 66 Tahun 2014 tentang Kesehatan Lingkungan. Air minum adalah air yang melalui pengolahan atau tanpa pengolahan yang memenuhi syarat kesehatan dan dapat langsung diminum (Indonesia, 2023).

Saat ini, keberadaan kota Samarinda semakin penting dengan dibukanya kota Nusantara sebagai Ibu Kota Negara yang baru yang lokasinya mengambil sebagian wilayah Kabupaten Penajam Paser Utara dan Kabupaten Kutai Kartanegara. Sebagai salah satu daerah penyangga kota Nusantara, kedudukan kota Samarinda menjadi penting jika dilihat dari berbagai aspek, salah satunya aspek daya dukung lingkungan. Penyediaan air bersih termasuk didalamnya pengelolaan air minum merupakan unsur dalam daya dukung lingkungan. Menurut Sri Nuryanti (2020), bahwa kerusakan dan pencemaran lingkungan yang terjadi merupakan salah satu indikator terlampauinya daya dukung dan daya tampung lingkungan hidup.

Saat ini sumber-sumber untuk pemenuhan kebutuhan air minum di Indonesia berasal dari beberapa sumber, diantaranya dari sambungan perpipaan untuk lokasi yang berada dalam daerah layanan PDAM dan biasanya di sekitar lingkungan kota sampai ke pinggir kota. Sumber lainnya yaitu air bawah tanah (sumur bor dan sumur gali), dan biasanya untuk masyarakat dari pinggiran kota yang tidak terlayani PDAM sampai ke wilayah pedesaan. Ada juga masyarakat yang menggunakan air sungai dan juga air hujan yang ditampung, dan itupun untuk wilayah tertentu saja. Dari semua sumber itu, karena secara kualitas masih termasuk air bersih atau lebih jelek dari air bersih, sehingga jika ingin dijadikan sebagai air minum, harus diolah kembali dengan cara misalnya direbus atau dilakukan penyaringan diantaranya saringan pasir cepat, saringan pasir lambat ataupun dengan pengolahan dengan cara koagulasi, flokulasi, sedimentasi dan aerasi tergantung kualitas airnya.

Untuk kepraktisan, pemenuhan air minum di masyarakat sekarang banyak diperoleh dari depot air minum isi ulang (DAMIU) yang bahkan menjangkau sampai ke desa-desa. Kota Samarinda merupakan salah satu daerah yang

memiliki jumlah pertumbuhan depot air minum yang cukup pesat dalam beberapa tahun terakhir. Berdasarkan data Dinas Kesehatan Kota Samarinda, tercatat pada tahun 2022 ada 836 depot air minum isi ulang, dan terdapat 377 depot air minum isi ulang yang sudah memiliki laik HSP (Higiene Sanitasi Pangan). Depot Air Minum yang selanjutnya disingkat DAM adalah usaha yang melakukan proses pengolahan air baku menjadi air minum dalam bentuk curah dan menjual langsung kepada konsumen dan untuk mendapatkan sertifikat laik higiene sanitasinya diatur dalam Peraturan menteri Kesehatan Nomor 43 tahun 2014 tentang higiene Sanitasi Depot air minum (Indonesia, 2014).

Mikroplastik adalah partikel plastik yang memiliki dimensi terpanjangnya kurang dari 5 mm (Lusher et al., 2017). Mikroplastik ini telah menjadi masalah lingkungan global yang ditemukan di berbagai sumber air minum, termasuk air keran, air minum dalam kemasan plastik dan kaca, air olahan, serta air minum dalam kemasan plastik sekali pakai dan kemasan plastik yang bisa dipakai berulang/bisa dikembalikan ke pabrik (New et al., 2023).

Penelitian yang dilakukan oleh Koelmans et al. (2019) dengan lima puluh studi kasus terkait mikroplastik dalam air minum, utamanya menganalisis bahwa mikroplastik sering ditemukan pada air minum dengan bentuk fragmen, serat, film, busa, dan pelet. Jika dilihat dari asal penyebabnya, mikroplastik pada air minum isi ulang dapat berasal dari proses pengolahannya yang menggunakan beberapa peralatan atau pipa yang terbuat dari plastik seperti PVC, PP, dan PE (Mintenig et al., 2019). Penelitian yang dilakukan Pivokonsky et al. (2018) pada hasil olahan air minum ditemukan mikroplastik pada unit pengolahan air minum. Dari seluruh proses pengolahan air minum mikroplastik yang terlewat sebanyak 100-1000 partikel mikroplastik dalam 1 m<sup>3</sup> air hasil olahan. Perbedaan hasil studi terkait dengan penemuan mikroplastik terdapat beberapa faktor, termasuk jenis sumber air baku (air tanah dengan air permukaan), lokasi, teknologi pengolahan yang diterapkan, dan batas deteksi ukuran partikel yang lebih rendah. Mikroplastik ditemukan pada air minum isi ulang di Kelurahan Tamangapa Kota Makassar sebanyak 0,8 partikel/L dengan bentuk line berwarna merah dan memiliki ukuran 1,02-1,49 mm (Syarif et al., 2021).

Kehadiran mikroplastik dalam air minum menjadi kekhawatiran masyarakat di seluruh dunia karena potensi dampaknya terhadap kesehatan. Mikroplastik dapat masuk ke dalam tubuh manusia melalui pernapasan atau konsumsi makanan dan minuman (Cox et al., 2019). Kehadiran mikroplastik sebagai benda asing umumnya dapat menyebabkan pembengkakan pada saluran pencernaan manusia dan hewan. Diperkirakan juga bahwa mikroplastik dapat ditransfer ke dalam tubuh manusia jika ukurannya <150 µm (Lusher et al., 2017). Menelan mikroplastik dapat membahayakan tubuh secara fisik dan kimia, yang dapat mengakibatkan penyakit seperti kanker, kerusakan DNA, dan peradangan (New et al., 2023).

Untuk itu penelitian terkait mikroplastik pada air minum sangat diperlukan karena dapat menimbulkan dampak yang berbahaya bagi kesehatan manusia. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi kelimpahan mikroplastik berdasarkan bentuk, ukuran, dan jenis polimer yang terdapat dalam air minum isi ulang. Melalui penelitian ini juga dapat diketahui pengaruh frekuensi pemakaian galon dan pencucian galon terhadap kelimpahan mikroplastik. Hasil penelitian ini dapat menjadi masukan mengenai pentingnya mikroplastik sebagai parameter baku mutu air minum, karena sampai saat ini mikroplastik belum masuk dalam parameter yang wajib dalam pemeriksaan kualitas baik air bersih maupun air minum.

## 2. METODE

Penelitian ini mengkaji pengaruh lamanya pemakaian galon dan frekuensi pencucian galon terhadap kelimpahan mikroplastik pada air olahan dari depot air minum isi ulang. Kelimpahan mikroplastik diteliti dengan pengambilan sampel pada penggunaan galon di hari ke 0, 10, 20, dan 30, dengan pengisian galon setiap 2 hari sekali selama satu bulan atau setara dengan 15 kali pengisian. Selain itu untuk pencucian galon menggunakan mesin sikat dengan variasi waktu 30 detik, 90 detik, dan pencucian tanpa disikat. Sampel galon merupakan galon yang baru. Pengambilan sampel dilakukan di salah satu depot air minum isi ulang di Jalan Perjuangan, Kelurahan Sempaja Selatan, Kecamatan Samarinda Utara, Kota Samarinda. Sumber air baku yang digunakan pada DAMIU yaitu sumur bor. Bahan galon yang digunakan yaitu jenis plastik PETE (*Polyethylene terephthalate*).



Foto: dokumen pribadi  
Gambar 1. (A) DAMIU; (B) Diagram Proses Pengolahan Air Minum; (C) Mesin Sikat

Air baku diambil menggunakan botol kaca sebanyak 1 liter pada setiap pengambilan sampel. Jumlah keseluruhan sampel air baku sebanyak 8 sampel dan jumlah keseluruhan sampel air olahan DAMIU sebanyak 24 sampel dengan pengulangan masing-masing sebanyak 2 kali.

Tabel 1. Variasi Penggunaan Galon

No.	Keterangan Galon	Pencucian Galon	Frekuensi Pemakaian
1.	Galon 1	Tanpa Disikat	Hari ke-10, 20, dan 30
2.	Galon 2	Mesin Sikat 30 Detik	Hari ke-10, 20, dan 30
3.	Galon 3	Mesin Sikat 90 Detik	Hari ke-10, 20, dan 30

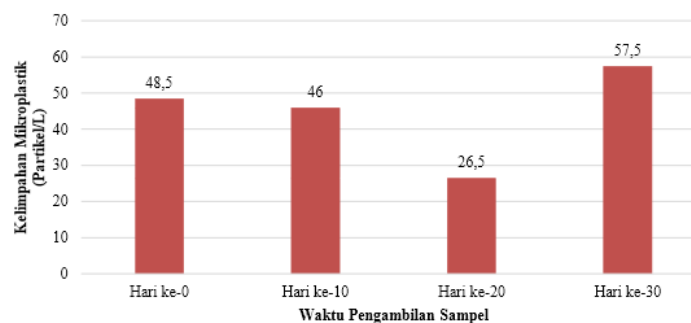
Sumber: Data Primer, 2023

Setelah pengambilan sampel baik dari air baku maupun air olahan DAMIU, selanjutnya dilakukan penyaringan dengan menggunakan kertas saring whatman. Kertas saringnya dipasang ke dalam filter holder dengan labu ukur berukuran 1000 mL untuk menampung sampel. Penyaringan dilakukan dengan pompa vakum. Sampel kemudian dikeringkan di dalam oven dengan suhu 105°C selama 30 menit. Tahap analisis dibagi menjadi dua tahap, yaitu dilakukan pengamatan fisik mikroplastik menggunakan mikroskop dan analisis jenis polimer mikroplastik menggunakan analisis FTIR (*Fourier Transform Infrared*). Jenis mikroplastik berdasarkan bentuk dan ukuran menggunakan mikroskop *Trinokuler Relife* yang terdapat kamera mikroskop. Software yang digunakan untuk mengukur mikroplastik yaitu *ImageJ*. Kelimpahan mikroplastik dapat dihitung berdasarkan jumlah partikel yang tersaring dibagi volume air yang tersaring (Ayuningtyas, 2019). Jumlah partikel tersaring berupa hasil dari pemeriksaan mikroskop berupa bentuk dari mikroplastik (*fiber, film, fragment* atau bentuk yang lainnya). Analisis FTIR dilakukan dengan cara mengambil perwakilan partikel yang terdapat pada kertas saring sesuai dengan bentuk dan warna. Hasil akhir dari uji FTIR ini dalam bentuk spektrum panjang gelombang dari muatan polimer yang terkandung pada sampel. Untuk membaca hasil panjang gelombang tersebut adalah dengan membandingkan kemiripan spektrum dengan pustaka atau tabel instrumen analisis FTIR.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

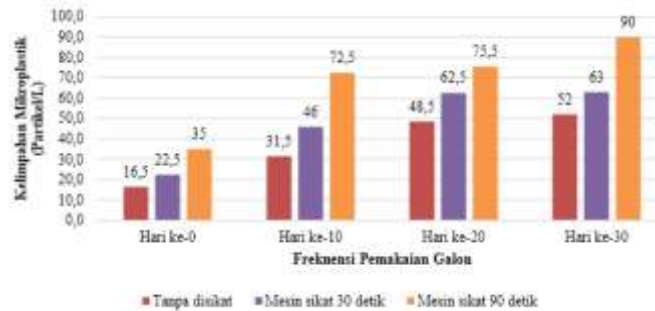
#### Kelimpahan Mikroplastik pada Air Baku dan Air Olahan DAMIU

Nilai kelimpahan mikroplastik dapat ditentukan dengan membagi jumlah mikroplastik dengan volume sampel yaitu 1 liter.



Gambar 2. Grafik Rata-rata Kelimpahan Mikroplastik pada Air Baku

Terlihat pada gambar, bahwa ditemukannya mikroplastik pada air baku untuk proses pada DAMIU ini. Seperti telah diketahui, air baku dari DAMIU ini yaitu dari sumur bor. Berdasarkan observasi yang telah dilakukan, letak sumur bor tersebut berada di lahan kosong dimana terdapat timbunan sampah plastik dalam jumlah yang besar terutama kantong plastik dan plastik kemasan produk yang dibuang secara sembarang di area sekitar sumur bor sehingga dapat mempengaruhi kelimpahan mikroplastik pada air baku. Selain itu, terdapat bangunan kost-kost an yang berada di sekeliling sumur bor dimana letak sumur bor berdekatan dengan drainase atau saluran pembuangan rumah tangga (*grey water*). Pembuangan sampah plastik secara sembarangan menjadi sumber utama mikroplastik di dalam tanah (Chia et al., 2021). Faktor lingkungan seperti abrasi fisik, suhu tinggi, dan paparan sinar matahari dapat mendegradasi sampah plastik terurai menjadi bentuk plastik yang lebih kecil di lingkungan (Wicaksono et al., 2021). Menurut penelitian Moraczewska-Majkut & Nocoń (2022) bahwa air baik air permukaan maupun bawah permukaan tercemar oleh mikroplastik. Mikroplastik pada air tanah dapat terangkut secara vertikal ke sub lapisan tanah menuju ke lapisan tanah yang lebih dalam. Mikroplastik yang masuk ke dalam tanah pada akhirnya bisa memasuki sistem air tanah dengan menembus pori-pori tanah melalui proses infiltrasi air hujan. Tanah berpotensi menjadi jalur bagi mikroplastik menuju akuifer (Chia et al., 2021).

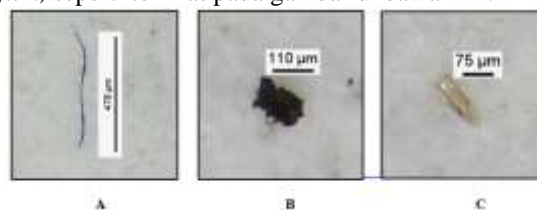


Gambar 3. Grafik Rata-rata Kelimpahan Mikroplastik pada Air Olahan DAMIU

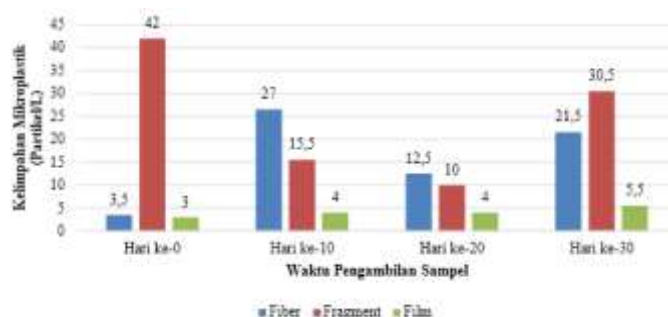
Hasil kelimpahan mikroplastik pada air olahan DAMIU paling tinggi berada pada frekuensi pemakaian galon hari ke-30 dengan rata-rata nilai kelimpahan sebesar 205 partikel/L. Hal yang dapat mempengaruhi hasil kelimpahan mikroplastik pada air olahan DAMIU yaitu selain air yang dihasilkan masih terkontaminasi mikroplastik, peluruhan mikroplastik pada saat pencucian galon dengan menggunakan mesin sikat dan penggunaan galon secara berulang kali. Selain itu, terdapat kontaminasi dari peralatan plastik yang digunakan pada DAMIU seperti perpipaan yang dipakai dan tandon air.

### Kelimpahan Mikroplastik Berdasarkan Bentuk

Pengamatan bentuk mikroplastik secara visual melalui mikroskop. Hasil pengamatan mikroplastik menggunakan mikroskop ditemukan tiga bentuk mikroplastik berdasarkan bentuk fisiknya. Tiga jenis mikroplastik yang ditemukan yaitu jenis *fiber*, *fragment*, dan *film*, seperti terlihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 4. Temuan Mikroplastik Berdasarkan Bentuk: (A) *Fiber*; (B) *Fragment*; (C) *Film*



Gambar 5. Grafik Rata-rata Kelimpahan Mikroplastik pada Air Baku Berdasarkan Bentuk

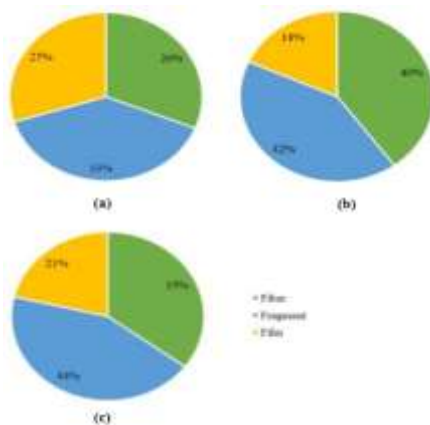
Dari gambar 5. terlihat bahwa kelimpahan mikroplastik bentuk fiber di air baku yang digunakan untuk air minum paling banyak ditemukan pada pengambilan sampel hari ke-10 dengan rata-rata kelimpahan sebesar 27 partikel/L. Limbah domestik atau limbah rumah tangga merupakan sumber utama asal mikroplastik bentuk fiber. Limbah domestik ini dapat berasal dari aktivitas manusia seperti mencuci pakaian (Zhou et al., 2021). Hal ini sesuai dengan letak drainase atau saluran pembuangan *grey water* seperti air limbah rumah tangga (dapur dan kamar mandi) yang berdekatan dengan letak sumur bor sehingga kemungkinan besar mikroplastik bentuk fiber dapat mencemari air tanah. Mikroplastik jenis *fiber* mempunyai ukuran dan bentuk yang tipis dan panjang seperti serat sintesis sehingga ditemukan mengapung di air (Ayuningtyas, 2019).

Untuk kelimpahan mikroplastik bentuk *fragment* paling mendominasi di air baku pada pengambilan sampel hari ke-0 dengan rata-rata kelimpahan sebesar 42 partikel/L. Mikroplastik jenis *fragment* berasal dari degradasi dari plastik produk termasuk material kemasan (Pivokonsky et al., 2018) dan merupakan hasil dari aktivitas manusia yang kesehariannya menggunakan produk plastik yang cukup kuat atau memiliki densitas yang kuat (Hiwari et al., 2019). Selain itu, penggunaan pipa plastik dapat meningkatkan risiko peningkatan kontaminasi mikroplastik pada sumber air yang digunakan selama proses produksi (Tong et al., 2020a). Pada penelitian ini dilakukan pengambilan sampel air baku langsung dari mulut keran yang terhubung dengan pipa yang mengalir dari bak penampung (tandon air) menuju unit pengolahan air minum isi ulang. Pipa yang digunakan terbuat dari bahan plastik PVC (*Polyvinyl chloride*). Pipa

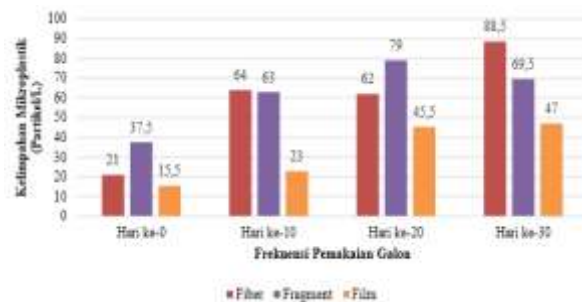
air umumnya terbuat dari polimer PVC dan sering digunakan pada proses pengolahan air secara konvensional (Pivokonsky et al., 2018). Tandon air terbuat dari bahan plastik HDPE (*High-density polyethylene*). Menurut Tong et al. (2020), pipa dengan material plastik pada sistem distribusi air dapat meningkatkan kelimpahan mikroplastik dalam sampel air keran. Hal ini dapat mempengaruhi kelimpahan mikroplastik bentuk fragment yang ditemukan pada air baku. Mikroplastik bentuk fragment memiliki ciri-ciri partikel keras berbentuk tidak beraturan yang tampak seperti terurai dari sampah yang lebih besar (GESAMP, 2019).

Sedangkan untuk kelimpahan mikroplastik bentuk film di air baku ada walau dalam jumlah sedikit. Mikroplastik jenis *film* berasal dari proses fragmentasi kantong plastik atau plastik kemasan yang memiliki densitas rendah (Ayuningtyas, 2019). Mikroplastik jenis *film* berasal dari sampah plastik yang terdegradasi dalam waktu lama sehingga berpotensi menembus ke dalam pori-pori tanah menuju sistem air tanah lalu dimobilisasi kembali oleh limpasan hujan. Mikroplastik jenis *film* yang memiliki ciri-ciri halus, transparan dan memiliki densitas partikel yang rendah dapat berasal dari kegiatan manusia seperti penggunaan kantong plastik, pembungkus plastik, dan botol plastik yang tidak di daur ulang dengan baik (Ayuningtyas, 2019).

Persentase rata-rata kelimpahan mikroplastik pada air olahan DAMIU variasi pencucian galon berdasarkan bentuk dapat dilihat pada Gambar 6. Penelitian ini menggunakan variasi frekuensi pemakaian galon yaitu pencucian galon tanpa disikat, pencucian galon menggunakan mesin sikat selama 30 detik, dan pencucian galon menggunakan mesin sikat selama 90 detik. Sebagaimana pada Gambar 6, terlihat bahwa mikroplastik bentuk fiber paling mendominasi pada pencucian galon menggunakan mesin sikat selama 30 detik dengan kelimpahan sebesar 40%; mikroplastik bentuk fragment paling mendominasi pada pencucian galon menggunakan mesin sikat selama 90 detik sebesar 44%; mikroplastik bentuk film paling mendominasi pada pencucian galon tanpa disikat sebesar 25%.



Gambar 6. Persentase (%) Kelimpahan Mikroplastik pada Air Olahan DAMIU Berdasarkan Bentuk: (a) Tanpa Disikat; (b) Mesin Sikat 30 Detik; (c) Mesin Sikat 90 Detik



Gambar 7. Grafik Rata-rata Kelimpahan Mikroplastik pada Air Olahan DAMIU Berdasarkan Bentuk pada Variasi Frekuensi Pemakaian Galon

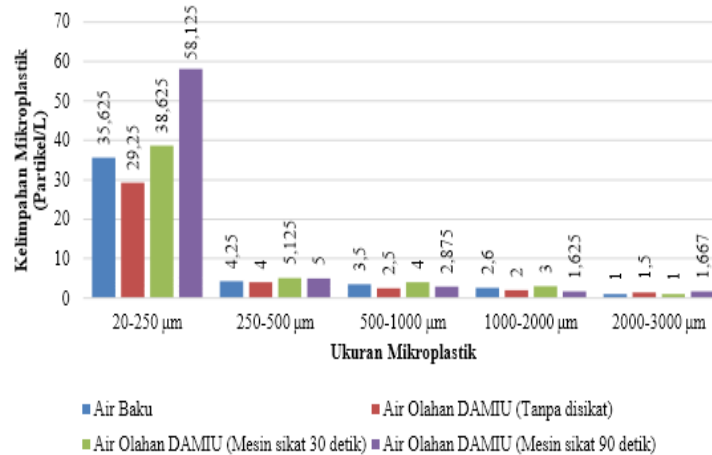
Dari gambar 7, terlihat bahwa kelimpahan mikroplastik bentuk fiber pada air olahan DAMIU paling banyak ditemukan pada frekuensi pemakaian galon hari ke-30 dengan rata-rata kelimpahan sebesar 88,5 partikel/L. Mikroplastik jenis *fiber* mendominasi pada air olahan DAMIU disebabkan oleh peluruhan bahan plastik akibat dari gesekan mesin pencuci galon berupa sikat yang terbuat dari bahan plastik *nylon* (Karo-karo et al., 2020). Berdasarkan observasi yang telah dilakukan, sikat pencuci galon yang digunakan oleh DAMIU sudah dalam kondisi usang dan ujung sikatnya bercabang sehingga sikat tersebut dapat lebih cepat meluruhkan partikel *fiber* yang akan mempengaruhi kelimpahan mikroplastik pada air olahan DAMIU. Selama proses pencucian, gesekan antara *fiber* dari sikat dengan galon dapat memicu mikroplastik jenis *fiber* untuk mengontaminasi air minum. Densitas yang dimiliki oleh polimer ini lebih berat dari beberapa partikel mikroplastik lainnya yang menyebabkan partikel *nylon* dapat tertinggal dalam air dan tidak dapat tersaring melalui proses filtrasi (Lin et al., 2020). Hal ini sesuai dengan hasil penelitian bahwa sebagian besar kelimpahan mikroplastik yang ditemukan pada air olahan DAMIU adalah jenis *fiber* yang berasal dari penggunaan sikat pencuci galon.

Mikroplastik jenis *fragment* paling besar dihasilkan pada frekuensi pemakaian galon hari ke-20. Hal ini disebabkan mikroplastik jenis *fragment* mengalami *leaching* ke dalam air minum karena penggunaan galon yang berulang didukung dengan tekanan mekanis yang diberikan selama proses produksi (Gambino et al., 2022). Selama proses pencucian, air dengan tekanan tinggi akan diberikan ke dalam material kemasan sehingga menyebabkan pelepasan mikroplastik jenis *fragment* dari kemasan yang digunakan (Kankanige & Babel, 2020). Air baku yang berada dalam tandon akan dialirkan ke dalam unit pengolahan melalui pipa dan mengalami kontak langsung dengan bagian dalam

pipa. Hal ini menyebabkan mikroplastik jenis *fragment* pada pipa dapat mengalami migrasi ke dalam air minum (Dalmau-soler et al., 2021). Perubahan karakteristik plastik dapat menyebabkan korosi pada pipa dan akan membuat mikroplastik jenis *fragment* dapat mengalami pelepasan yang lebih banyak (Ferraz et al., 2020).

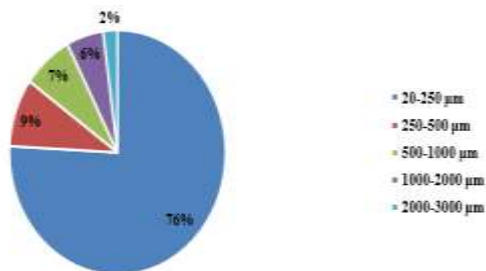
### Kelimpahan Mikroplastik Berdasarkan Ukuran

Pengukuran mikroplastik dilakukan dengan menggunakan *software* ImageJ. Mikroplastik berdasarkan ukuran dibagi menjadi 5 kategori yaitu 20-250  $\mu\text{m}$ , 250-500  $\mu\text{m}$ , 500-1000  $\mu\text{m}$ , 1000-2000  $\mu\text{m}$ , dan 2000-3000  $\mu\text{m}$ . Rata-rata kelimpahan mikroplastik berdasarkan ukuran dapat dilihat pada Gambar 8.

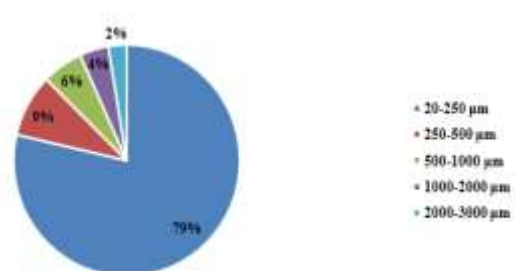


Gambar 8. Grafik Rata-rata Kelimpahan Mikroplastik Berdasarkan Ukuran

Kelimpahan mikroplastik paling mendominasi pada rentang ukuran 20-250  $\mu\text{m}$  baik pada sampel air baku maupun sampel air olahan DAMIU. Mikroplastik pada air olahan DAMIU sebagian besar memiliki ukuran yang kecil karena terdapat unit mikrofiltrasi pada proses pengolahan air minum. Mikrofiltrasi merupakan membran yang memiliki pori-pori sekitar 0,1-50  $\mu\text{m}$  (Ronanda & Marsono, 2021). Sehingga mikroplastik dapat ditahan oleh membran mikrofiltrasi dan tidak ikut tersaring pada air minum yang telah diolah. Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan Schymanski et al. (2018) hanya ditemukan 2% partikel mikroplastik dengan ukuran terbesar yaitu >100  $\mu\text{m}$ . Penelitian yang dilakukan Kankanige & Babel (2020) menyatakan bahwa air minum cenderung mengalami kontaminasi mikroplastik dengan ukuran partikel yang kecil dikarenakan adanya fragmentasi dari partikel plastik yang lebih besar.



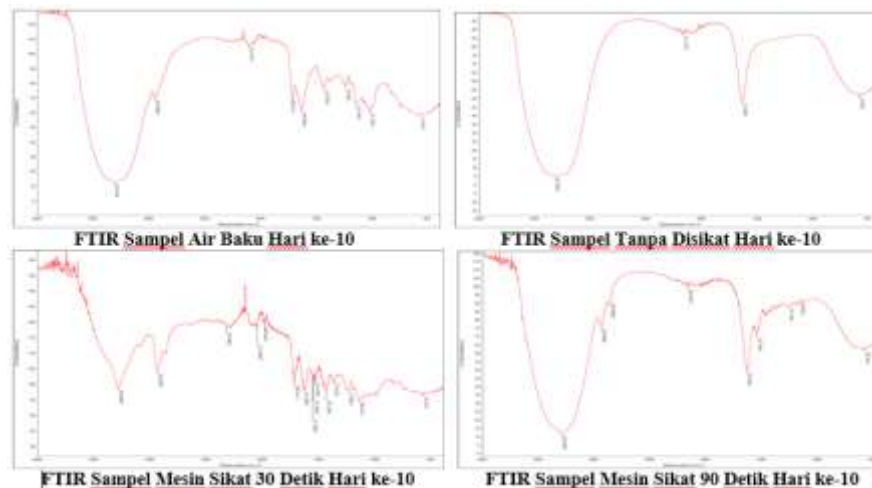
Gambar 9. Persentase (%) Kelimpahan Mikroplastik pada Air Baku Berdasarkan Ukuran



Gambar 10. Persentase (%) Kelimpahan Mikroplastik pada Air Olahan DAMIU Berdasarkan Ukuran

Gambar 9. menunjukkan bahwa persentase kelimpahan mikroplastik berdasarkan ukuran pada air baku didominasi ukuran 20-250  $\mu\text{m}$  dengan persentase sebesar 76% dan ukuran pada air olahan DAMIU didominasi ukuran 20-250  $\mu\text{m}$  dengan persentase sebesar 79% (gambar 10.) Ukuran partikel mikroplastik terkecil ditemukan paling banyak bergerak ke lapisan tanah bawah disebabkan dapat lolos melalui pori-pori tanah hingga sampai ke lapisan tanah dalam (Ren et al., 2021). Penelitian yang dilakukan oleh Lam et al. (2020) menyatakan bahwa mikroplastik dengan ukuran <100  $\mu\text{m}$  pada sampel air keran di Hongkong mencakup 62,5% dari keseluruhan sampel. Selain itu, mikroplastik pada sampel air keran berukuran <100  $\mu\text{m}$  juga ditemukan oleh Tong et al. (2020) dan Mukotaka et al. (2021) secara berturut-turut sebanyak 76,21% dan 78%.

## Analisis Jenis Polimer Mikroplastik



Gambar 11. Hasil FTIR Sampel Hari ke-10

Hasil identifikasi polimer mikroplastik, terlihat bahwa jenis polimer yang ditemukan pada sumber baku yaitu *nylon*, *nitrile*, *polycarbonate* (PC), *polyethylene terephthalate* (PETE), dan *polyvinyl terephthalate* (PVC). Jenis polimer yang ditemukan pada air olahan DAMIU *nylon*, *nitrile*, *polyethylene terephthalate* (PETE), *high-density polyethylene* (HDPE), dan *polyvinyl terephthalate* (PVC).

Jenis polimer pada setiap mikroplastik memiliki karakteristik yang berbeda-beda. Seperti jenis rantai kimia yang dimiliki hingga nilai densitasnya. *Nylon* adalah senyawa polimer yang memiliki gugus amida pada setiap unit ulangnya, sehingga *nylon* disebut juga senyawa poliamida. Membran *nylon* bersifat semi kristalin sehingga banyak digunakan sebagai polimer pada industri tekstil dan plastik karena memiliki sifat mekanik, termal dan kimia yang baik. Polimer *nylon* banyak digunakan sebagai bahan produk pada pakaian (Apipah, 2014). *Nylon* memiliki densitas sebesar 1,13-1,15 g/cm<sup>3</sup> dengan kondisi keberadaan cenderung tenggelam pada perairan (GESAMP, 2019).

Polimer *nitrile* dapat berasal dari sarung tangan yang bersumber dari limbah rumah sakit atau limbah pabrik dimana sarung tangan *nitrile* umumnya digunakan pada kegiatan tersebut (Suprijanto et al., 2021). *Nitrile* memiliki densitas sebesar 1 g/cm<sup>3</sup> sehingga cenderung mengapung pada perairan (Salsabila et al., 2022).

Polimer *Polycarbonate* (PC) itu tahan lama dan polimer termoplastik kuat yang biasa ditemukan dalam komponen elektronik dan bahan konstruksi, tetapi juga botol minum individu dan wadah makanan. Bisphenol-A, produk sampingan PC, diketahui merupakan pengganggu endokrin yang dapat menyebabkan usus besar kanker (Ibrahim et al., 2021). PC memiliki densitas sebesar 1,2 g/cm<sup>3</sup> dan cenderung tenggelam pada perairan (GESAMP, 2019).

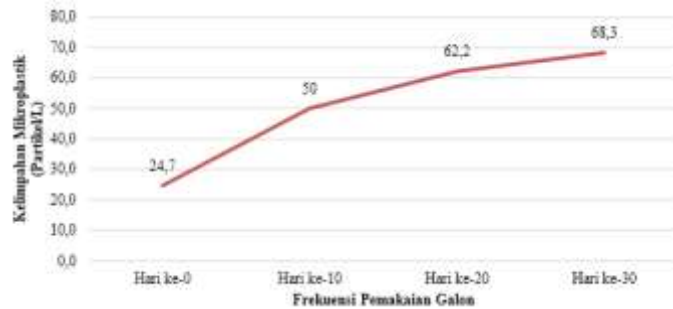
Material penyusun kemasan galon yang paling umum adalah PETE, partikel ini dapat mengalami *leaching* ke dalam air minum karena penggunaan galon yang berulang didukung dengan *mechanical stress* yang diberikan selama proses produksi (Gambino et al., 2022). Selama proses pencucian, air dengan tekanan tinggi akan diberikan ke dalam material kemasan. Hal ini menyebabkan pelepasan partikel mikroplastik dari kemasan yang digunakan (Kankanige & Babel, 2020). PETE memiliki densitas sebesar 1,34-1,39 g/cm<sup>3</sup> dan cenderung tenggelam pada perairan (GESAMP, 2019).

*Polyvinyl chloride* (PVC) sering ditemukan pada proses pengolahan air secara konvensional (Pivokonsky et al., 2018). Polimer *Polyvinyl chloride* berasal dari erosi pipa berbahan plastik PVC yang digunakan dalam sistem pasokan air (Moraczewska-Majkut & Nocoń, 2022). Partikel PVC dapat mengalami migrasi selama proses *water treatment* yang dapat mengontaminasi air minum (Kankanige & Babel, 2020). PVC memiliki densitas sebesar 1,16 - 1,30 g/cm<sup>3</sup> sehingga cenderung tenggelam pada perairan (GESAMP, 2019).

HDPE memiliki densitas sebesar 0,94 - 0,97 g/cm<sup>3</sup> sehingga cenderung mengapung pada perairan dan Sumber HDPE berasal dari penggunaan botol susu yang berwarna putih susu, tupperware, galon air minum, kursi lipat, dan lain-lain (Salsabila et al., 2022).

### Pengaruh Frekuensi Pemakaian Galon Terhadap Kelimpahan Mikroplastik

Hasil perbandingan frekuensi pemakaian galon terhadap kelimpahan mikroplastik pada air olahan DAMIU mengalami kenaikan yang signifikan yaitu bahwa semakin lama pemakaian galon yang digunakan secara berulang kali maka semakin banyak mikroplastik yang akan dihasilkan.



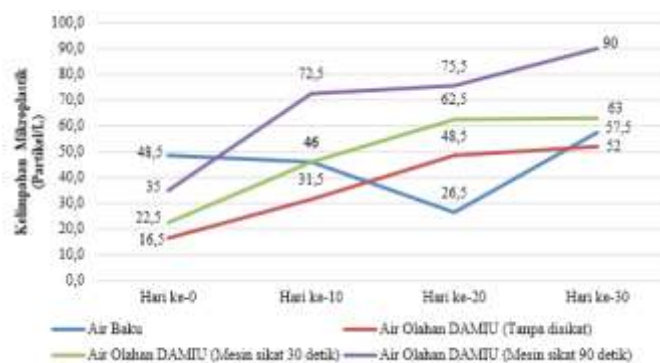
Gambar . Grafik Pengaruh Frekuensi Pemakaian Galon Terhadap Kelimpahan Mikroplastik

Kelimpahan mikroplastik paling tinggi berada pada frekuensi pemakaian galon hari ke-30 dan kelimpahan mikroplastik paling rendah berada pada frekuensi pemakaian galon hari ke-10. Penelitian yang dilakukan oleh Hadeed & Al-ahmady (2022) menyatakan bahwa penggunaan kemasan berulang kali secara signifikan dapat meningkatkan kandungan mikroplastik sebanyak 7 hingga 10 kali. Hal ini disebabkan karena adanya kerusakan kemasan selama penggunaan yang berulang. Material plastik akan memiliki resistensi yang tinggi pada awalnya. Namun, seiring dengan penggunaan yang berulang akan menyebabkan plastik kehilangan kemampuan untuk mempertahankan kekuatannya, yang mengakibatkan material plastik dapat mengalami migrasi pada air minum. Menurut Oßmann et al. (2018), kemasan isi ulang dengan menggunakan botol baru memiliki jumlah partikel yang lebih sedikit dibandingkan kemasan isi ulang dengan botol yang lama. Hal ini menunjukkan bahwa umur kemasan yang semakin lama (*bottle aging*) akan meningkatkan kontaminasi mikroplastik. Aging dari kemasan dapat dibuktikan dari hasil penelitian dimana sampel pemakaian galon hari ke-30 menggunakan galon yang telah digunakan berulang kali dengan pengisian sebanyak 15 kali menghasilkan rata-rata kelimpahan mikroplastik sebesar 205 partikel/L. Penelitian yang dilakukan oleh Schymanski et al. (2018) menemukan mikroplastik pada kemasan sekali pakai sebanyak 14 partikel/L, sedangkan pada kemasan berulang ditemukan sebanyak 118 partikel/L.

Berdasarkan daftar umur galon yang diambil dari 70 responden di DAMIU yaitu sebanyak 63 responden menggunakan galon yang telah digunakan dalam jangka waktu >30 hari (53 responden dengan umur galon  $\geq 1$  tahun; 7 responden dengan umur galon < 1 tahun) dan sebanyak 7 responden menggunakan galon yang telah digunakan dalam jangka waktu  $\leq 30$  hari. Data tersebut menunjukkan bahwa sebagian besar responden menggunakan galon dengan umur pakai >30 hari, dimana galon tersebut telah diisi ulang secara berkali-kali sehingga berpotensi dapat meluruhkan lebih banyak mikroplastik.

### Pengaruh Pencucian Galon Terhadap Kelimpahan Mikroplastik

Hasil perbandingan pencucian galon terhadap kelimpahan mikroplastik pada air olahan DAMIU mengalami kenaikan yang signifikan yaitu bahwa semakin lama waktu pencucian menggunakan mesin sikat maka semakin banyak mikroplastik yang akan dihasilkan.



Gambar . Grafik Pengaruh Pencucian Galon Terhadap Kelimpahan Mikroplastik

Nilai kelimpahan mikroplastik paling tinggi berada pada pencucian galon menggunakan mesin sikat selama 90 detik dan kelimpahan mikroplastik paling rendah berada pada pencucian galon tanpa disikat. Hal ini dipengaruhi oleh penggunaan mesin sikat pada proses pencucian galon. Keberadaan mikroplastik dapat dipengaruhi oleh gerakan abrasif selama proses produksi yang menyebabkan mechanical stress pada galon. Selama penggunaan kemasan galon, tekanan seperti pencucian, transportasi, penyimpanan, dan paparan sinar matahari dapat mempengaruhi kontaminasi mikroplastik. Konsentrasi mikroplastik yang semakin tinggi disebabkan karena bagian dalam galon yang mengalami proses pencucian lebih banyak dan menyebabkan migrasi mikroplastik (Schymanski et al., 2018).





#### 4. KESIMPULAN

Bentuk mikroplastik yang ditemukan pada air baku dan air olahan DAMIU adalah bentuk *fiber*, *fragment*, dan *film*. Ukuran mikroplastik paling banyak ditemukan pada air baku dan air olahan DAMIU yaitu pada rentang ukuran 20–250  $\mu\text{m}$ . Jenis polimer yang ditemukan pada air baku dan air olahan DAMIU berdasarkan analisis FTIR yaitu *Nylon*, *Nitrile*, *Polycarbonate* (PC), *Polyethylene terephthalate* (PETE), *Polyvinyl terephthalate* (PVC), dan *High-density polyethylene* (HDPE).

Variasi frekuensi pemakaian mempengaruhi nilai kelimpahan mikroplastik yaitu pada pengambilan sampel hari ke-30 lebih banyak dibandingkan pada hari ke 0, hari ke-10, dan hari ke-20. Kelimpahan mikroplastik semakin meningkat seiring dengan semakin lama pemakaian galon yang digunakan secara terus-menerus.

Variasi pencucian galon mempengaruhi nilai kelimpahan mikroplastik pada pencucian galon menggunakan mesin sikat selama 90 detik lebih banyak dibandingkan tanpa disikat dan menggunakan mesin sikat selama 30 detik. Kelimpahan mikroplastik semakin meningkat seiring dengan semakin lama waktu pencucian galon menggunakan mesin sikat.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Apipah, E. R. (2014). *SINTESIS DAN KARAKTERISTIK MEMBRAN NILON YANG BERASAL DARI LIMBAH BENANG*. 10(1), 8–18.
- Ayuningtyas, W. C. (2019). Kelimpahan Mikroplastik Pada Perairan Di Banyuurip, Gresik, Jawa Timur. *JFMR- Journal of Fisheries and Marine Research*, 3(1), 41–45. <https://doi.org/10.21776/ub.jfmr.2019.003.01.5>
- Chia, R. W., Lee, J. Y., Kim, H., & Jang, J. (2021). Microplastic pollution in soil and groundwater: a review. *Environmental Chemistry Letters*, 19(6), 4211–4224. <https://doi.org/10.1007/s10311-021-01297-6>
- Cox, K. D., Covernton, G. A., Davies, H. L., Dower, J. F., Juanes, F., & Dudas, S. E. (2019). Human Consumption of Microplastics [Research-article]. *Environmental Science & Technology*, 53, 7068–7074. <https://doi.org/10.1021/acs.est.9b01517>
- Dalmau-soler, J., Ballesteros-cano, R., Boleda, M. R., Paraira, M., Ferrer, N., & Lacorte, S. (2021). *Microplastics from headwaters to tap water: occurrence and removal in a drinking water treatment plant in Barcelona Metropolitan area ( Catalonia , NE Spain )*.
- Ferraz, M., Bauer, A. L., & Valiati, V. H. (2020). *Microplastic Concentrations in Raw and Drinking Water in the Sinos River , Southern Brazil*. 1–10.
- Gambino, I., Bagordo, F., Grassi, T., Panico, A., & Donno, A. De. (2022). *Occurrence of Microplastics in Tap and Bottled Water : Current Knowledge*.
- GESAMP. (2019). *Guidelines for the monitoring and assessment of plastic litter in the ocean* (P. Kershaw, A. Turra, & F. Galgani (eds.)). United Nations Environment Programme (UNEP).
- Hadeed, M., & Al-ahmady, K. (2022). *The Effect of Different Storage Conditions for Refilled Plastic Drink Bottles on the Concentration of Microplastic Release in Water*. 4, 71–77.
- Hiwari, H., Purba, N. P., Ihsan, Y. N., Yuliadi, L. P. S., & Mulyani, P. G. (2019). *Kondisi sampah mikroplastik di permukaan air laut sekitar Kupang dan Rote , Provinsi Nusa Tenggara Timur Condition of microplastic garbage in sea surface water at around Kupang and Rote , East Nusa Tenggara Province*. 5, 165–171. <https://doi.org/10.13057/psnmbi/m050204>
- Ibrahim, Y. S., Anuar, S. T., Azmi, A. A., Mohd, W., Mohd, W., Lehata, S., Hamzah, S. R., Ma, Z. F., Dzulkarnaen, A., Zakaria, Z., Mustaffa, N., Emilia, S., Sharif, T., & Lee, Y. Y. (2021). *Detection of microplastics in human colectomy specimens*. 5, 116–121. <https://doi.org/10.1002/jgh3.12457>
- Indonesia. (2014). Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 43 Tahun 2014. In *Berita Negara Republik indonesia*.
- Indonesia. (2023). Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 2 Tahun 2023. In *Berita Negara Republik indonesia*. Sekretariat Negara.
- Kankanige, D., & Babel, S. (2020). Science of the Total Environment Smaller-sized micro-plastics ( MPs ) contamination in single-use PET- bottled water in Thailand. *Science of the Total Environment*, 717, 137232. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.137232>
- Karo-karo, A. D., Kusnayat, A., & Martini, S. (2020). Perancangan dan Pembuatan Sikat Bagian Tengah Mesin Pencuci Galon Menggunakan Pendekatan Reverse Engineering di CV. Barokag Abadi. *E-Proceeding of Engineering*, 7(1), 1882–1889.
- 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. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2019.02.054>
- Lam, T. W. L., Ho, H. T., Ma, A. T. H., & Fok, L. (2020). Microplastic contamination of surfacewater-sourced tap

- water in hong kong-A preliminary study. *Applied Sciences (Switzerland)*, 10(10). <https://doi.org/10.3390/app10103463>
- Lin, L., Tang, S., Wang, X. S., Sun, X., Han, Z., & Chen, Y. (2020). Accumulation mechanism of tetracycline hydrochloride from aqueous solutions by nylon microplastics. *Environmental Technology and Innovation*, 18, 100750. <https://doi.org/10.1016/j.eti.2020.100750>
- Lusher, A., Consultant, F., Plymouth, U. K., Hollman, P., Consultant, F., Wageningen, T. N., And, Mendoza-Hill, J., Consultant, F., & Madrid, S. (2017). Microplastics in fisheries and aquaculture. In *Microplastics in fisheries and aquaculture Status of knowledge on their occurrence and implications for aquatic organisms and food safety*. [https://oceanrep.geomar.de/id/eprint/49179/1/Microplastics in fisheries and aquaculture.pdf%0A\(www.fao.org/publications](https://oceanrep.geomar.de/id/eprint/49179/1/Microplastics_in_fisheries_and_aquaculture.pdf%0A(www.fao.org/publications)
- Mintenig, S. M., Löder, M. G. J., Primpke, S., & Gerdts, G. (2019). Low numbers of microplastics detected in drinking water from ground water sources. *Science of the Total Environment*, 648, 631–635. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.08.178>
- Moraczewska-Majkut, K., & Nocoń, W. K. (2022). Microplastic in tap water – preliminary tests. *Desalination and Water Treatment*, 275(December 2021), 116–121. <https://doi.org/10.5004/dwt.2022.28822>
- Mukotaka, A., Kataoka, T., & Nihei, Y. (2021). Rapid analytical method for characterization and quantification of microplastics in tap water using a Fourier-transform infrared microscope. *Science of the Total Environment*, 790, 148231. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.148231>
- New, W. X., Kristanti, R. A., Manik, H., Wijayanti, Y., & Adeyemi, D. A. (2023). Occurrence of Microplastics in Drinking Water in South East Asia: A Short Review. *Tropical Environment, Biology, and Technology*, 1(1), 14–24. <https://doi.org/10.53623/tebt.v1i1.221>
- Oßmann, B. E., Sarau, G., Holtmannspötter, H., Christiansen, S. H., & Dicke, W. (2018). Small-sized microplastics and pigmented particles in bottled mineral water. *Water Research*. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2018.05.027>
- Pivokonsky, M., Cermakova, L., Novotna, K., Peer, P., Cajthaml, T., & Janda, V. (2018). Occurrence of microplastics in raw and treated drinking water. *Science of the Total Environment*, 643, 1644–1651. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.08.102>
- Ren, Z., Gui, X., Xu, X., Zhao, L., Qiu, H., & Cao, X. (2021). Microplastics in the soil-groundwater environment: Aging, migration, and co-transport of contaminants – A critical review. *Journal of Hazardous Materials*, 419(March), 126455. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2021.126455>
- Ronanda, H., & Marsono, B. (2021). *Kajian Penerapan Membran Mikrofiltrasi Terendam pada Instalasi Pengolahan Air (IPA)*. 10(2).
- Salsabila, Indrayanti, E., & Widiaratih Rikha. (2022). *Karakteristik Mikroplastik Di Perairan Pulau Tengah , Karimunjawa*. 04(04), 99–108.
- Schymanski, D., Goldbeck, C., Humpf, H., & 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. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2017.11.011>
- Sri Nuryanti, D. (2020). Review Analisis Daya Dukung dan Daya Tampung Lingkungan Hidup dalam Kajian Lingkungan Hidup Strategis Rencana Detail Tata Ruang Studi Kasus Kajian Lingkungan Hidup Strategis Rencana Detail Tata Ruang Kecamatan Kedungwuni Kabupaten Pekalongan Tahun 2020-20. *Prosiding Seminar Nasional, Semarang 2 Desember 2020 “Pembangunan Hijau Dan Perizinan: Diplomasi, Kesiapan Perangkat Dan Pola Standarisasi,”* 119–128.
- Suprijanto, J., Senduk, J., & Makrima, D. (2021). *Mikroplastik pada Loligo sp. dan Rastrelliger sp. dari TPI Tambak Lorok Semarang*. 10(20), 1–38.
- 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. <https://doi.org/10.30597/hjph.v2i3.11971>
- Tong, H., Jiang, Q., Hu, X., & Zhong, X. (2020a). Occurrence and identification of microplastics in tap water from China. *ECSN*, 126493. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.126493>
- Wicaksono, E. A., Werorilangi, S., Galloway, T. S., & Tahir, A. (2021). Distribution and seasonal variation of microplastics in tallo river, makassar, eastern indonesia. *Toxics*, 9(6), 1–13. <https://doi.org/10.3390/toxics9060129>
- Zhou, Z., Zhang, P., Zhang, G., Wang, S., Cai, Y., & Wang, H. (2021). Vertical microplastic distribution in sediments of Fuhe River estuary to Baiyangdian Wetland in Northern China. *Chemosphere*, 280(April), 130800. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.130800>