

Analisis Kelimpahan Mikroplastik pada Limbah Pabrik Daur Ulang Plastik Aliran Sungai Brantas Gresik dan Sidoarjo

Rakhel Marsyanda Vanny Alvionita✉
Universita Brawijaya

ABSTRAK

Pabrik daur ulang plastik memproses limbah plastik yang sudah tidak berguna menjadi barang baru. Namun, air limbah pabrik daur ulang plastik mengandung partikel mikroplastik yang terlepas selama proses daur ulang. Ukurannya yang kecil, mikroplastik dapat menimbulkan risiko apabila terakumulasi ke dalam tubuh organisme bahkan hingga tingkat trofik tertinggi. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kontaminasi mikroplastik di aliran Sungai Brantas akibat dari limbah cair pabrik daur ulang plastik. Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif kuantitatif. Lokasi pengambilan sampel ditentukan menggunakan metode purposive sampling, dimana sampel diambil dari tiga titik di setiap stasiun. Hasil kelimpahan mikroplastik paling tinggi ditemukan dalam limbah pabrik daur ulang plastik ERM Recycling Plastic dan paling rendah pada Grand Premier Plaspac. Jenis mikroplastik yang teridentifikasi meliputi fragmen, fiber, dan filament. Berdasarkan hal ini, penting untuk mengelola limbah cair dengan baik guna mengurangi kontaminasi mikroplastik ke lingkungan perairan dengan melakukan proses filtrasi pada Instalasi Pengelolaan Air Limbah (IPAL) dan mendorong Pemerintah dalam membentuk baku mutu mikroplastik.

Kata kunci: Daur, Limbah, Mikroplastik, Sungai Surabaya, Sungai Pelayaran

Analysis of Microplastic Abundance in Plastic Recycling Factory Waste in Gresik and Sidoarjo Regency, East Java

ABSTRACT

Plastic recycling plants process discarded plastic waste into new products. However, the wastewater from these plants often contains microplastic particles that are released during the recycling process. Due to their small size, microplastics can pose risks when they accumulate in the bodies of organisms, potentially affecting even the highest trophic levels. This study aims to analyze microplastic contamination in the Brantas River due to wastewater from plastic recycling plants. A descriptive quantitative approach was used in this research. Sampling locations were determined using purposive sampling, with samples taken from three points at each station. The highest microplastic abundance was found in the wastewater from ERM Recycling Plastic, while the lowest was from Grand Premier Plaspac. Identified microplastic types included fragments, fibers, and filaments. Based on these findings, it is crucial to manage wastewater properly to reduce microplastic contamination in aquatic environments by implementing filtration processes at Wastewater Treatment Plants (WWTPs) and encouraging the government to establish microplastic quality standards.

Keywords: Recycling, Waste, Microplastic, Surabaya River, Pelayaran River

PENDAHULUAN

Permasalahan lingkungan saat ini tidak terbatas dari adanya sampah plastik yang berdampak signifikan terhadap ekosistem. Sampah plastik sebagai permasalahan nasional karena dapat men-

cemari lingkungan serta berdampak terhadap ekologi perairan biotik maupun abiotik pada ekosistem. Saat ini, Indonesia merupakan negara penghasil sampah plastik terbesar kedua di dunia setelah

✉ Corresponding author
Address : Malang, Jawa Timur
Email : rakhelvannyalvionita@gmail.com

Cina, dengan total produksi sampah plastik di perairan mencapai 187,2 juta ton (Purwaningrum, 2016). Masalah sampah di Indonesia merupakan isu serius yang masih belum terpecahkan hingga saat ini. Selain itu, meningkatnya aktivitas dan pertumbuhan jumlah penduduk memperbesar volume timbunan sampah (Nainggolan et al., 2022). Setiap tahun sampah plastik mengalami peningkatan secara terus-menerus yang menyebabkan pencemaran lingkungan dan penurunan kualitas air karena plastik memiliki sifat *non-biodegradable* (Mufziqom et al., 2024). Sampah yang dihasilkan dari aktivitas manusia umumnya terdiri dari 60-70% bahan organik dan 30-40% bahan an-organik (Purwaningrum, 2016).

Sampah plastik terfragmentasi menjadi potongan yang lebih kecil yang disebut dengan mikroplastik (Haji et al., 2021). Mikroplastik merupakan jenis sampah plastik yang memiliki ukuran kurang dari 5 mm terbagi dalam dua kategori, yaitu mikroplastik primer dan mikroplastik sekunder. Mikroplastik primer diproduksi dalam ukuran kecil, umumnya untuk tujuan tertentu seperti dalam produk kosmetik atau serat dari pakaian sintetis. Sementara mikroplastik sekunder terbentuk dari degradasi benda plastik yang lebih besar melalui paparan sinar matahari. Degradasi plastik dipicu oleh paparan radiasi ultraviolet yang menyebabkan degradasi polimer melalui proses oksidasi, sehingga plastik terpecah menjadi fragmen-fragmen kecil (Azizah et al., 2020). Partikel mikroplastik sulit terdegradasi di lingkungan perairan karena sifatnya yang sangat persisten (Ayueningtyas et al., 2019). Jenis-jenis mikroplastik meliputi *fiber*, *filament*, *fragmen*, *foam*, *pellet*, dan *granule*.

Kenaikan kebutuhan sekaligus penggunaan plastik adalah fenomena global yang signifikan pada saat ini. Menurut data Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional (SIPSN) tahun 2023, jumlah akumulasi sampah di Indonesia mencapai angka 32.035.864,38 juta ton per tahun. Sampah yang dikelola secara efektif mencapai angka 32.035.864,3

8 juta ton per tahun. Sampah yang dikelola secara efektif mencapai jumlah sebesar 64,22% (20,5 ton/tahun) dan sampah tidak dikelola dengan baik sebesar 35,78% (11,4 ton/tahun). Menurut data KLHK, potensi jumlah sampah plastik sebanyak 19.462 ton/tahun atau 19,2% timbunan sampah di Indonesia pada Tahun 2023.

Pabrik daur ulang plastik adalah salah satu cara untuk mengatasi masalah limbah plastik dengan mengelola sampah plastik secara efektif melalui proses daur. Umumnya, proses daur ulang plastik adalah proses pengelolaan kembali menjadi produk baru yang memiliki nilai ekonomis (Astuti, Wahyudi, Ernawati, & Aini, 2020). Proses daur ulang limbah plastik untuk dijadikan bahan baku plastik melalui proses penggilingan, pencucian, pembauran, penggumpalan, dan pendinginan (Altieri et al., 2021). Namun, pabrik daur ulang plastik ini dianggap sebagai *false solution* karena berpotensi melepaskan partikel mikroplastik akibat dari air yang digunakan dalam proses pencucian limbah plastik yang terbuang ke lingkungan perairan serta berpotensi masuk ke dalam rantai makanan, hingga mencapai tingkat trofik tertinggi. Daur ulang plastik menyebabkan perubahan dalam struktur dan sifat plastik seperti bentuk, warna, dan ukuran. Namun, proses pengelolaan sampah plastik menjadi produk baru dapat menghasilkan limbah plastik berukuran kecil yang berpotensi mencemari lingkungan. Limbah plastik akan mengalami perubahan ukuran menjadi empat kategori mikroplastik (>25mm), mesoplastik (5-25 mm), mikroplastik (5-1mm), dan nanoplastik (<1mm) (Mufziqom et al., 2024).

Aliran sungai Brantas bercabang menjadi dua diantaranya Kali Surabaya dan Kali Pelayaran. Kali Surabaya berhulu di Ngagel Kota Mojokerto mengalir hingga Pelabuhan Tanjung Perak. Berdasarkan Badan Lingkungan Hidup Kota Surabaya Kali Surabaya memiliki panjang 13,77 Km yang mengalir melalui wilayah pemukiman, area perkotaan, dan kawasan industri yang memiliki risiko



Sumber: Data Primer Diolah, (2024)

Gambar 1

Infografis Rantai Mikroplastik

pencemaran yang tinggi (Kurnianto, 2019). Kali Pelayaran merupakan sungai yang terletak di Kabupaten Sidoarjo, dengan Panjang mencapai 21 km. Keberadaan Kali Surabaya dan Kali Pelayaran memiliki peran yang krusial sebagai pemasok utama sumber air baku IPAM (Wijaya dan Trihadiningrum, 2020). Namun saat ini, Kali Surabaya dan Kali Pelayaran mengalami penurunan kualitas air akibat berbagai faktor pencemaran. Beberapa hal yang menjadi penyebab utama akibat penurunan kualitas air yaitu pembuangan limbah industri, limbah domestik, aktivitas pertanian, erosi, dan sedimentasi. Selain itu, terdapat 7 industri pabrik daur ulang plastik membuang limbah cair yang mengandung bahan kimia dan partikel mikroplastik langsung menuju ke aliran Sungai Brantas. Analisis kelimpahan mikroplastik dilakukan di tiga lokasi karena industri ini menghasilkan volume limbah yang signifikan yang berpotensi mencemari perairan, terdapat beberapa proses dari daur ulang yang menggunakan bahan kimia, lokasi geografis pabrik terletak di daerah yang langsung mengalirkan limbahnya ke sungai.

Berdasarkan keberadaan Kali Surabaya dan Kali Pelayaran sangat penting untuk memenuhi kebutuhan masyarakat di sekitarnya, maka penelitian

ini bertujuan untuk menentukan kelimpahan mikroplastik di permukaan Kali Surabaya dan Kali Pelayaran sebelum outlet, outlet, dan setelah outlet pabrik daur ulang plastik di Kabupaten Sidoarjo dan Gresik. Selain itu, penelitian ini juga menguji kelimpahan, jenis, dan jumlah partikel pada setiap lokasi.

METODE PENELITIAN

Penelitian dilaksanakan pada Bulan Juli 2024 yang bertempat pada 3 lokasi pengambilan sampel. Lokasi pertama yaitu PT. Trias Sentosa Kecamatan Krian Kabupaten Sidoarjo, lokasi kedua yaitu PT. Grand Premier Plaspac Kecamatan Driyorejo Kabupaten Gresik, dan lokasi ketiga yaitu ERM Recycling Plastic Kecamatan Taman Kabupaten Sidoarjo (**Gambar 2**). Penelitian laboratorium dilakukan di Laboratorium ECOTON, Kabupaten Gresik, Jawa Timur.

Alat-alat yang diperlukan untuk pengambilan sampel dalam penelitian meliputi botol sampel, *GPS essential*, *cool box*. Preparasi dan identifikasi sampel memerlukan alat-alat seperti cawan petri, hot plate, mikroskop, erlenmeyer, filter stainless 300 mesh, botol cuci, gelas ukur, corong, gelas beaker, spatula, dan jarum.

Bahan-bahan yang diperlukan untuk pengambilan sampel dalam penelitian meliputi air, larutan yang di-

Tabel 1
Titik Koordinat Titik Sampling

Lokasi	Titik Pengambilan Sampel	Titik Koordinat	
		S	E
PT. Trias Sentosa	Sebelum	7°31'18.8"	112°36'27.9"
	Outlet	7°23'19.9"	112°36'26.5"
	Sesudah	7°23'07.6"	112°36'39.4"
PT. Grand Premier Plaspac	Sebelum	7°22'53.0"	112°34'47.1"
	Outlet	7°22'52.6"	112°34'47.1"
	Sesudah	7°22'52.5"	112°34'47.0"
ERM Recycling Plastic	Sebelum	7°21'50.7"	112°38'35.5"
	Outlet	7°22'06.2"	112°38'38.5"
	Sesudah	7°22'05.4"	112°38'39.3"

Sumber: Data Primer Diolah, (2024)



Sumber: Data Primer Diolah, (2024)

Gambar 2
Peta Lokasi Penelitian

perluan meliputi FeSO4 30%, larutan H2O2 30%, larutan NaCl 30%, serta *aquades*, kertas label, kertas *milimeter block*, tisu, kertas *whatmann*, dan *aluminium foil*. Metode yang digunakan untuk mengidentifikasi mikroplastik dalam sampel air di outlet pabrik daur ulang plastik di Kabupaten Gresik dan Kabupaten Sidoarjo adalah metode deskriptif dengan pendekatan kuantitatif. Metode deskriptif kuantitatif digunakan untuk menganalisis data kelimpahan mikroplastik sementara metode deskriptif kualitatif digunakan untuk mengkaji karakteristik mikroplastik. Penelitian deskriptif kuantitatif dalam penelitian ini bertujuan dalam memeriksa, menilai, dan menggambarkan kondisi objek yang diteliti dengan keadaan objek yang ber-

kaitan dengan variabel yang dapat dijelaskan menggunakan angka maupun kata-kata sistematis, faktual, dan akurat mengenai sifat dan hubungan antar objek yang di kaji. Variabel-variabel tersebut dapat berupa fenomena alamiah maupun fenomena buatan manusia (Widiyanto, 2018). Dalam penelitian ini, preparasi sampel air dilakukan dengan metode NOAA (*National Oseanic and Athmospheric Administration*). Lokasi pengambilan sampel ditentukan dengan menggunakan metode purposive sampling, dimana titik sampling dipilih dari lokasi yang dapat mewakili area penelitian, yaitu outlet limbah daur ulang plastik. Titik sampling ditandai dengan menggunakan GPS *essential* kemudian dimasukkan menjadi

peta lokasi dengan menggunakan *software* QGIS.

Tahap pertama yakni pengambilan sampel air yang dilakukan pada tiga titik lokasi sampling meliputi area sebelum outlet, outlet, dan setelah outlet Pabrik Daur Ulang Plastik di Kabupaten Gresik dan Sidoarjo. Sampel air permukaan diambil sebanyak 100 L menggunakan timba kemudian disaring menggunakan plankton net. Sampel air kemudian diletakkan pada botol sampel dan dimasukkan ke dalam *coolbox* untuk kemudian diproses lebih lanjut di laboratorium dalam tahap preparasi sampel.

Pada tahap kedua, sampel air disaring menggunakan filter alumunium 300 mesh. Partikel kemudian dipisahkan dari filter alumunium menggunakan larutan NaCl ke dalam *beaker glass*. Kemudian di tambahkan 20 ml H₂O₂ 30% (hidrogen peroksida) dan FeSO₄ 0,05 M sejumlah 5 ml. Selanjutnya sampel mikroplastik di inkubasi dalam lebari basa selama 24 jam. Tahap selanjutnya yaitu memanaskan sampel menggunakan *hot plate magnetic stirrer* dengan suhu 70°C selama 30 menit dan didiamkan hingga dingin. Kemudian sampel disaring menggunakan kertas *whatmann* dan diletakkan pada cawan petri.

Penelitian Masura et al., 2015 menjelaskan bahwa penambahan larutan H₂O₂ (hidrogen peroksida) untuk mengoksidasi atau menguraikan bahan organik alami. Penambahan larutan FeSO₄ (larutan besi dulfat) berguna dalam mengkatalisis reaksi. Sedangkan NaCl berguna dalam pemisahan kepadatan sampel, hal ini karena NaCl memiliki densitas tinggi, yang memungkinkan pemisahan polimer dengan kerapatan yang lebih rendah.

Tahap ketiga merupakan identifikasi mikroplastik pada sampel air yang telah dipreparasi. Ukuran mikroplastik yang diidentifikasi adalah <5mm. Identifikasi mikroplastik dilakukan dengan menggunakan mikroskop *stereo* dengan mengidentifikasi bentuk, jenis, dan jumlah partikel mikro-

plastik Mikroplastik yang diperoleh didokumentasikan, dicatat, dan dihitung berdasarkan jenisnya sebelum dianalisis.

Data yang diperoleh yaitu data primer, data primer didapatkan dari *sampling* langsung. Data akan dianalisis secara deskriptif meliputi jenis bentuk, jumlah, dan kelimpahan partikel mikroplastik. Hasil analisis data akan disajikan dalam bentuk tabel atau grafik untuk setiap lokasi pengambilan sampel (sebelum outlet, outlet, setelah outlet). Kelimpahan jumlah partikel mikroplastik yang diperoleh dihitung menggunakan rumus berikut (Masura et al., 2015).

$$N = \frac{\text{Jumlah Partikel Mikroplastik}}{\text{Total Volume Air yang Disaring (L)}} \quad (1)$$

Perhitungan N (kelimpahan mikroplastik) mencakup total dari keseluruhan partikel mikroplastik serta kelimpahan spesifik dari masing-masing jenisnya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Gambaran Umum Lokasi Penelitian

Penelitian mengenai kelimpahan mikroplastik pada air limbah pabrik daur ulang plastik di Kali Surabaya dan Kali Pelayaran, Jawa Timur, menunjukkan kontaminasi partikel mikroplastik pada seluruh sampel air. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pabrik daur ulang plastik belum maksimal dalam mengelola limbah cair dengan baik sehingga menjadi sumber kontaminasi mikroplastik di Kali Surabaya dan Kali Pelayaran. Selain itu, tingkat mikroplastik dalam air di berbagai stasiun menunjukkan angka yang cukup signifikan. Jenis mikroplastik yang ditemukan dalam penelitian ini meliputi fragmen, fiber, dan filament.

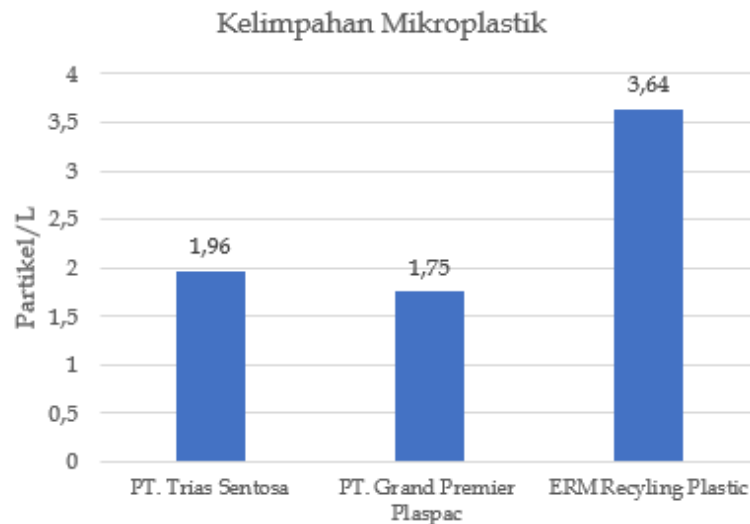
Berdasarkan hasil penelitian yang ditemukan di titik pengambilan sampel limbah pabrik daur ulang plastik didominasi mikroplastik tipe sekunder. Mikroplastik sekunder dalam limbah pabrik daur ulang plastik terbentuk akibat proses degradasi plastik menjadi serpihan kecil. Variasi bentuk mikroplastik dapat dipengaruhi oleh aktivitas manusia serta jenis bahan baku yang digunakan dalam proses pembuatan plastik.

Penelitian dilakukan di tiga lokasi outlet limbah dari pabrik daur ulang plastik di Kabupaten Gresik (PT. Grand Premier Plaspac) dan Kabupaten Sidoarjo (PT.Trias Sentosa dan ERM Recycling Plastic). Stasiun penelitian terletak di lokasi pembuangan limbah dari pabrik daur ulang plastik yang dibuang ke Kali Surabaya dan Kali Pelayaran. Limbah cair pabrik daur ulang plastik yang dilepaskan langsung ke saluran air irigasi berpotensi dalam penurunan kualitas air akibat dari masuknya kontaminan. Lokasi pertama (PT Trias Sentosa) terletak di tepi jalan serta dekat dengan pabrik lainnya saluran irigasi yang digunakan untuk membuang limbah cair dari pabrik juga melintasi berbagai pabrik di sekitarnya sebelum mengalir hingga Kali Surabaya. Lokasi kedua (PT Grand Premier Plaspac) berada di tepi serta dekat dengan pabrik-pabrik lainnya. Limbah pabrik daur ulang plastik dialirkan melalui aliran air irigasi dan mengalir hingga Kali Surabaya. Lokasi ketiga (ERM Recycling Plastic) berada di pinggir jalan, limbah dari pabrik daur ulang plastik langsung mengalir ke Kali Pelayaran. Selain itu, pabrik ini juga berdekatan dengan Tempat Pembuangan Akhir Tanjung Sari.

PT Trias Sentosa yang berlokasi di Kecamatan Krian Kabupaten Sidoarjo berdiri pada tahun 1979 dan menjadi salah satu produsen terbesar dari produsen film fleksibel yang memproduksi BOPP dan BOPET film product di Indonesia dengan mendaur ulang plastik. BOPP (*Biaxially Oriented Polypropylene*) product range merupakan jenis plastik kemasan film yang elastis dan memiliki daya tahan yang tinggi terhadap kelembapan. Sedangkan BOPET (*Biaxially Oriented Polyester*) merupakan jenis plastik tembus pandang yang memiliki daya tahan yang tinggi terhadap kadar oksigen yang tinggi. Kedua jenis film ini saling terkait dan berfungsi sebagai bahan baku utama untuk kemasan fleksibel yang digunakan pada produk makanan maupun non-makanan. Kemasan fleksibel merupakan jenis kemasan yang memiliki sifat elastis, terbuat dari berbagai bahan seperti

aluminium foil, film plastik, film plastik berlapis logam (*metalized film*), serta kertas yang menggunakan bahan *thermoplastic* atau perekat. Kemasan dapat berupa lembaran, kantong sachet dan bentuk lainnya. PT Trias Sentosa merupakan perusahaan yang beroperasi di industri kemasan film fleksibel, dengan jaungkauan pemasaran dalam negeri hingga internasional. Sumber pemasok bahan baku dari PT Trias Sentosa menggunakan pemasok lokal untuk penyediaan bahan baku, kemasan, suku cadang, dan jasa. Selain itu, PT Trias Sentosa melakukan pemasokan bahan baku dari luar negeri antara lain dari Asia (Singapura, Korea, Thailand, Jepang, Amerika Serikat, dan Eropa)(Trias Sentosa, 2024). Pembuatan produk baru diproses melalui beberapa tahap. Bahan baku yang telah disortir selanjutnya dihancurkan menjadi potongan plastik kecil untuk memudahkan proses pembersihan. Setelah itu, bahan baku dilakukan pembersihan untuk memastikan bahwa bahan baku benar-benar bersih dan kering. Selanjutnya, material dilelehkan (*pelet plastik*). Bahan baku yang akan digunakan dalam produksi film meliputi material utama seperti *homopolymer* dan *copolymer*, serta bahan tambahan (*additive*). Material tersebut dilelehkan melalui proses pemanasan dan pencampuran hingga tercampur secara homogen. Setelah tercampur, material dilelehkan dan dicetak menjadi *casting film* yang terdiri dari tiga plastik. Kemudian film ditarik dengan rasio 1:5 dengan mesin MDO (*machine direction oriented*) setelah itu dilakukan penarikan bahan hingga sepuluh kali panjang awal dilakukan menggunakan mesin TDO (*transverse direction oriented*), dan tahap terakhir dilakukan pemberian *treatment* khusus dengan penghantaran energi dengan tujuan supaya film dapat dibentuk sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan (Nisar dan Suharsono, 2020).

PT Grand Premier Plaspac atau biasa disebut Grandpack berlokasi di Kecamatan Driyorejo Kabupaten Gresik



Sumber: Data Primer Diolah, (2024)

Gambar 3
Grafik Kelimpahan Mikroplastik pada Tiga Stasiun

berdiri sejak tahun 2008 yang bergerak dalam bidang usaha *Rotogravure Printing* dan *Flexible Packaging* (Grand Premier Plaspac, 2024). *Rotogravure Printing* merupakan salah satu teknik pencetakan kemasan yang penggunaannya banyak untuk mencetak kemasan produk dengan menggunakan silinder dimana tinta langsung tertransfer ke substrate. *Flexible Packaging* adalah kemasan yang terbuat dari bahan plastik fleksibel dengan campuran *aluminium foil*, kertas, atau jenis plastik dengan tujuan menambah kekakuan dan ketahanan terhadap uap air, gesekan, dan gas. PT Grand Premier Plaspac mendaur ulang sampah plastik seperti PE, HDPE, PP, OPP, PO, dan PET. Proses daur ulang plastik dilakukan dengan cara pembersihan bahan baku, penghancuran, pelelehan, pembentukan menjadi roll atau gulungan kemudian dilakukan pencetakan transfer tinta dari silinder ke film plastik.

ERM Recycling Plastic berlokasi di Kecamatan Taman Kabupaten Sidoarjo yang bergerak dibidang daur ulang plastik dengan berfokus pada pengumpulan, pemrosesan, dan pengelolaan limbah plastik untuk dapat dijadikan sebagai bahan baku baru. Perusahaan ini mengumpulkan limbah plastik dari rumah tangga, industri, dan bisnis kemudian dilakukan pemilahan, pencucian, penggilingan, dan peleburan

plastik. Limbah yang akan terbuang di aliran irigasi air dapat berpotensi masuk ke badan air.

Kelimpahan Mikroplastik

Hasil identifikasi dari mikroplastik menunjukkan pada keseluruhan sampel air limbah pabrik daur ulang plastik terkontaminasi mikroplastik. Hasil perhitungan kelimpahan mikroplastik di stasiun pertama menunjukkan nilai kelimpahan mikroplastik sebesar 1,96 partikel/L, Stasiun kedua memiliki nilai kelimpahan mikroplastik 1,75 partikel/L, dan pada stasiun ketiga memiliki nilai kelimpahan mikroplastik 3,63 partikel/L (**Gambar 3**).

Perbedaan jumlah kelimpahan mikroplastik di ketiga stasiun diduga disebabkan oleh perbedaan karakteristik limbah yang berada di masing-masing lokasi penelitian, perbedaan proses pengolahan plastik, dan juga perbedaan dalam jenis serta volume plastik yang diproses pada setiap lokasi penelitian. Pernyataan ini sejalan dengan Li et al., (2020) bahwa jenis plastik dan proses produksi pabrik dapat mempengaruhi keberadaan mikroplastik yang terbuang di lingkungan. Selain itu, aktivitas produksi pabrik dapat mempengaruhi kelimpahan partikel mikroplastik yang terlepas ke lingkungan perairan. Industri daur ulang konvensional menghasilkan air limbah yang sangat tercemar dengan konsentrasi

lumpur yang tinggi (Labib, 2023). Akumulasi mikroplastik di permukaan air sungai memiliki dampak yang signifikan pada kontaminasi air dan menimbulkan risiko kesehatan yang signifikan bagi flora dan fauna (Jahanpeyma dan Baranya, 2024). Stasiun pertama dan kedua pabrik daur ulang plastik membuang limbahnya di aliran irigasi air serta lokasi penelitian berdekatan dengan pabrik-pabrik lainnya, hal ini diduga terdapat kontaminasi partikel mikroplastik dari berbagai sumber yang terakumulasi dalam aliran air irigasi. Stasiun ketiga, pabrik daur ulang plastik melepaskan limbahnya langsung ke sungai dan lokasi penelitian berdekatan dengan pabrik-pabrik lainnya, diduga di perairan terdapat kontaminasi mikroplastik dari berbagai sumber yang terakumulasi di sungai. Pernyataan ini sejalan dengan Rashid, (2023) yang menyebutkan bahwa kontaminasi mikroplastik di perairan dapat berasal dari limpasan air hujan, limbah domestik, dan limbah industri. Selain itu, pada stasiun ketiga berdekatan dengan TPA atau timbunan sampah. Oleh sebab itu, kelimpahan mikroplastik di stasiun ketiga lebih tinggi dibandingkan dengan kedua stasiun lainnya. Pada stasiun pertama dan kedua, volume air yang dialirkan selama proses pembuangan limbah cukup tinggi, hal ini disebabkan oleh kebutuhan besar akan air dalam proses daur ulang plastik. Di sisi lain, pada stasiun ketiga pabrik daur ulang plastik membuang limbah ke sungai dengan debit air yang relatif rendah. Selain itu, volume air limbah yang dikeluarkan di stasiun ketiga juga lebih rendah dibandingkan dengan stasiun pertama dan kedua.

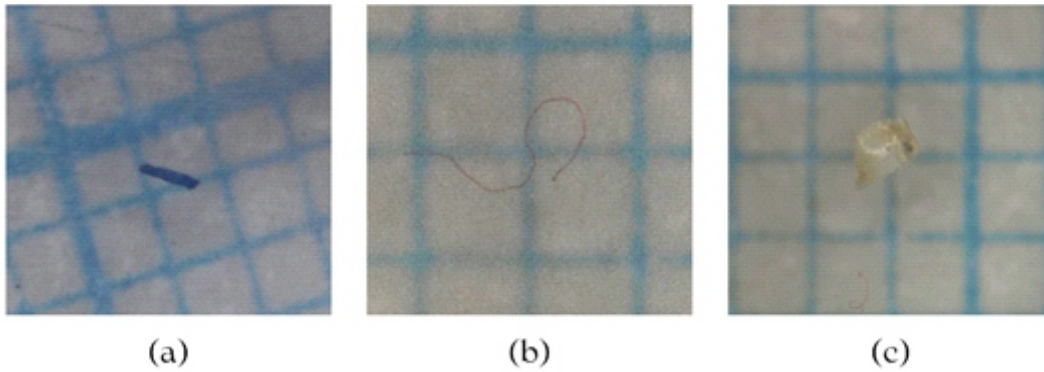
Kelimpahan partikel mikroplastik yang tinggi akibat dari pembuangan industri daur ulang dipengaruhi oleh kebutuhan akan volume air yang besar dalam proses pencucian dan pendinginan plastik. Plastik, khususnya jenis PET memerlukan pencucian yang ekstensif untuk menghilangkan residu bahan organik sebelum dapat diproses lebih lanjut. Hal ini sejalan dengan Altieri et al., 2021 bahwa proses pencucian ini memer-

lukan sekitar 3,48 kg air untuk setiap kilogram plastik PET yang diolah melalui proses daur ulang mekanis. Selama tahap ini, air yang digunakan akan membawa kontaminan mikroplastik dan lumpur dalam jumlah besar yang kemudian akan terlepas pada sungai. Dampak negatif dari limbah pabrik daur ulang plastik tersebut membebani lingkungan dan juga menimbulkan risiko kesehatan yang signifikan bagi flora dan fauna, dan manusia (Jahanpeyma dan Baranya, 2024).

Pembuangan limbah daur ulang plastik yang menyebabkan kontaminasi mikroplastik pada perairan dan organisme yang hidup di dalamnya memiliki dampak yang signifikan. Oleh karena itu, pengelolaan limbah cair yang dibuang ke perairan akibat aktivitas industri daur ulang plastik memerlukan proses filtrasi untuk mengurangi tingkat kontaminasi di lingkungan perairan dan meminimalkan dampaknya terhadap ekosistem perairan. Selain itu, industri dapat meningkatkan komitmennya untuk memperbaiki sistem Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) agar dapat mengurangi dampak negatif limbah terhadap lingkungan perairan.

Mikroplastik yang terakumulasi di permukaan perairan dapat dimakan oleh organisme karena bentuknya yang menyerupai plankton. Oleh sebab itu, keberadaan mikroplastik dalam tubuh organisme dapat menyebabkan berbagai dampak negatif yang signifikan. Mikroplastik memiliki dampak terhadap kesehatan organisme seperti menjadi penyebab iritasi pada saluran pencernaan, yang dapat mengakibatkan kenyang palsu sehingga organisme tidak makan dengan cukup dan mengalami penurunan bobot, gangguan pada sistem reproduksi, penurunan mobilitas, dan bahkan kematian pada organisme (Wang et al., 2019). Hal ini berpotensi menyebabkan partikel mikroplastik berpindah melalui rantai makanan hingga mencapai tingkat trofik yang paling tinggi (Ariyunita et al., 2022).

Kontaminasi mikroplastik pada lingkungan serta organisme dapat



Sumber : Data Primer Diolah, (2024)

Gambar 4

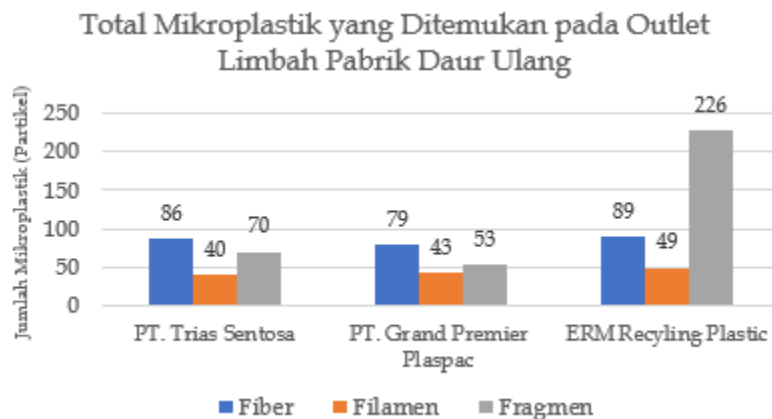
Jenis Mikroplastik, a. Filamen, b. Fiber, c. Fragmen

memberikan efek berbahaya terhadap kesehatannya. Mikroplastik memiliki kemampuan untuk menyerap logam dan zat aditif dari lingkungan serta berfungsi sebagai habitat mikroorganisme patogen. Selain berdampak pada flora dan fauna, mikroplastik berpotensi masuk ke tubuh manusia melalui konsumsi biota yang terpapar mikroplastik atau melalui air yang diminum. Oleh sebab itu, gangguan ekosistem perairan dapat mempengaruhi rantai makanan, dengan manusia di puncak rantai makanan menjadi titik akhir akumulasi biomassa. Kandungan mikroplastik sangat berbahaya seperti ftalat, alkylphenols, dioksin, perfluorinasi, dan lainnya yang dapat mengganggu fungsi sistem tubuh manusia. Beberapa senyawa ftalat diketahui memiliki efek toksik pada sistem reproduksi, terutama pada pria. Konsentrasi metabolit ftalat

yang tinggi dapat meningkatkan kerusakan DNA pada sperma. Sedangkan pada wanita, paparan ftalat dapat menyebabkan penurunan masa kehamilan (Laelasari et al., 2021). Selain ftalat, plastik mengandung senyawa alkylphenols dapat berdampak pada infertilitas pria, mempengaruhi jumlah sperma, serta meningkatkan risiko kanker payudara pada wanita maupun pria (Acir dan Guenther, 2018).

Jenis Mikroplastik

Jenis partikel mikroplastik yang teridentifikasi pada air permukaan limbah daur ulang plastik diantaranya jenis *fiber*, *filament*, dan *fragmen* (**Gambar 4**). Mikroplastik jenis fragmen merupakan jenis mikroplastik yang paling banyak ditemukan pada sampel air. Hal ini disebabkan oleh jumlah mikroplastik jenis fragmen yang paling banyak dengan total

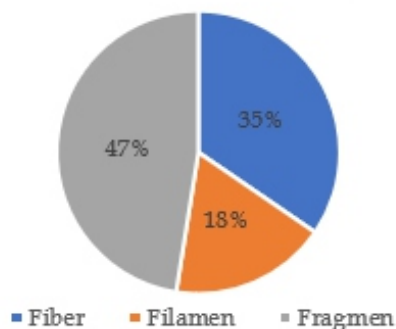


Sumber: Data Primer Diolah, (2024)

Gambar 5

Grafik Jumlah Jenis Mikroplastik yang Ditemukan

Bentuk Mikroplastik yang Ditemukan pada Outlet Limbah Pabrik Daur Ulang Plastik



Sumber: Data Primer Diolah, (2024)

Gambar 6
Persentase Jenis Mikroplastik yang Ditemukan

349 partikel. Diikuti oleh mikroplastik jenis fiber yang ditemukan sebanyak 254 partikel. Sementara itu, mikroplastik jenis film ditemukan dalam jumlah paling sedikit yaitu 132 partikel. Banyaknya tipe fragmen dalam limbah daur ulang plastik disebabkan oleh proses pengolahan plastik yang menghasilkan dan memproses plastik dengan bentuk potongan kecil yang kemudian berpotensi menghasilkan partikel mikroplastik dalam bentuk fragmen. Brown et al. (2023) menunjukkan bahwa fragmen merupakan jenis mikroplastik yang paling dominan ditemukan dalam limbah daur ulang plastik. Selain itu, pada stasiun pertama secara visual banyak tercecer pellet untuk melelehkan material pada sekitar lokasi pengambilan sampel.

Mikroplastik jenis fragmen ditemukan dengan jumlah 70 partikel di stasiun pertama, 53 partikel di stasiun kedua, dan 226 partikel distasiun ketiga. Partikel mikroplastik yang ditemukan di stasiun pertama dan kedua diduga berasal dari potongan-potongan botol plastik yang dibuang ke sungai dan mengalami degradasi alami. Sedangkan pada lokasi ketiga memiliki jumlah jenis *fragment* lebih tinggi dibandingkan dari kedua stasiun, hal tersebut diduga pada stasiun ketiga banyak mengolah kantong plastik yang dapat mempengaruhi partikel *fragment*. Selain itu, pada sekitar lokasi pengambilan sampel terdapat TPA atau timbulan

sampah yang diduga dapat menjadi sumber pencemar jumlah mikroplastik tipe *fragment* akibat dari paparan sinar UV atau terdegradasi secara alami. Menurut Sugandi et al. 2021 mikroplastik dalam bentuk fragmen berasal dari limbah yang dihasilkan oleh aktivitas manusia seperti pembuangan botol plastik, kantong plastik, dan gelas plastik sekali pakai yang kemudian mengalami degradasi.

Mikroplastik jenis *fiber* ditemukan sebanyak 86 partikel di stasiun pertama, distasiun kedua ditemukan 79 partikel, sementara di stasiun ketiga ditemukan 89 partikel. Partikel mikroplastik jenis *fiber* yang ditemukan di tiga stasiun diduga disebabkan oleh akumulasi limbah domestik dialiran sungai, dimana jumlah serat mikroplastik jenis *fiber* berasal dari proses pencucian pakaian. Hal ini sejalan dengan penelitian Ulfa et al. 2022 bahwa mikroplastik fiber berasal dari limbah alat tangkap nelayan serta dari pencucian kain yang mengandung sisa benang dari pakaian.

Mikroplastik jenis *filament* pada stasiun pertama di temukan sebanyak 40 partikel, pada stasiun kedua sebanyak 43 partikel, sementara di stasiun ketiga ditemukan 49 partikel. Banyaknya jenis *filament* yang ditemukan diduga akibat dari proses pengolahan kemasan plastik yang mengakibatkan pelepasan banyak partikel mikroplastik jenis *filament*. Hal ini sejalan dengan penelitian Kapo et al. 2020

yang menyatakan mikroplastik jenis filament diyakini berasal dari kantong plastik atau kemasan plastik yang terdegradasi di lingkungan perairan.

SIMPULAN

Sampah plastik di perairan telah terfragmentasi menjadi partikel-partikel yang lebih kecil, sehingga dapat berpindah melalui rantai makanan dan mempengaruhi kehidupan organisme. Kelimpahan mikroplastik ERM Recycling Plastic memiliki nilai yang lebih besar apabila dibandingkan dengan PT Trias Sentosa dan PT Grand Premier Plaspac. Jenis mikroplastik yang teridentifikasi, dari jumlah terbanyak hingga terkecil, adalah fragmen, fiber, dan film. Pengelolaan limbah cair yang dilepaskan pada perairan akibat dari aktivitas industri daur ulang plastik memerlukan proses filtrasi untuk mengurangi tingkat kontaminasi di lingkungan perairan guna meminimalkan dampaknya terhadap lingkungan perairan. Selain itu, diharapkan industri dapat meningkatkan komitmennya untuk memperbaiki sistem Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) agar dapat mengurangi dampak negatif limbah terhadap lingkungan perairan dan mendorong pemerintah membentuk baku mutu mikroplastik

DAFTAR PUSTAKA

- Acir, I. H., & Guenther, K. (2018). Endocrine-disrupting metabolites of alkylphenol ethoxylates – A critical review of analytical methods, environmental occurrences, toxicity, and regulation. *Science of the Total Environment*, 635, 1530–1546. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.04.079>
- Altieri, V. G., De Sanctis, M., Sgherza, D., Pentassuglia, S., Barca, E., & Di Iaconi, C. (2021). Treating and reusing wastewater generated by the washing operations in the non-hazardous plastic solid waste recycling process: Advanced method vs. conventional method. *Journal of Environmental Management*, 284, 112011. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.112011>
- Ariyunita Selvi, Wachju Subchan, Annisa Alftah, Novi Wardatun Nabilla, & Syahrizal Afdan Nafar. (2022). Analisis kelimpahan mikroplastik pada air dan gastropoda di Sungai Bedadung Segmen Kecamatan Kaliwates Kabupaten Jember. *Jurnal Biosense*, 5 (2), 47 – 61.
- Astuti, A. D., Wahyudi, J., Ernawati, A., & Aini, S. Q. (2020). Kajian pendirian usaha biji plastik di Kabupaten Pati, Jawa Tengah. *Jurnal Litbang: Media Informasi Penelitian, Pengembangan Dan IPTEK*, 16(2), 95–112. <https://doi.org/10.33658/jl.v16i2.204>
- Ayuingtyas, Wulan, C., Yona, D., Julinda, syarifah, H., & Irnawati, F. (2019). Kelimpahan mikroplastik pada Perairan Di Banyuwirip, 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>
- Azizah, P., Ridlo, A., & Suryono, C. A. (2020). Mikroplastik pada sedimen di Pantai Kartini Kabupaten Jepara Jawa Tengah. *Journal of Marine Research*, 9 (3), 326 – 332. <https://doi.org/10.14710/jmr.v9i3.28197>
- Brown, E., MacDonald, A., Allen, S., & Allen, D. (2023). The potential for a plastic recycling facility to release microplastic pollution and possible filtration remediation effectiveness. *Journal of Hazardous Materials Advances*, 10, 100309. <https://doi.org/10.1016/j.hazadv.2023.100309>
- Haji, Sutan, A. T., Rahadi, B., & Firdausi, N. T. (2021). Analisis kelimpahan mikroplastik pada air permukaan di Sungai Metro, Malang. *Jurnal Sumberdaya Alam Dan Lingkungan*, 8(2), 74–84. <https://doi.org/10.21776/ub.jsal.2021.008.02.3>
- Jahanpeyma, P., & Baranya, S. (2024). A Review of microplastic identification and characterization methods in

- aquatic environments. *Periodica Polytechnica Civil Engineering*, 68(2), 684–703. <https://doi.org/10.3311/P.Pci.22886>
- Kapo, F. A., Toruan, L. N. L., & Paulus, C. A. (2020). Jenis dan kelimpahan mikroplastik pada kolom permukaan air di Perairan Teluk Kupang. *Jurnal Bahari Papadak*, 1(1), 10–21.
- Kurnianto, A. (2019). Analisis kualitas air sungai Kalimas Kota Surabaya menggunakan metode indeks pencemaran. *Jurnal Ekonomi*, 18, 1–73. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.112011>
- Labib, A. (2023). Identifikasi mikroplastik pada air Sungai akibat limbah pabrik daur ulang plastik di Sidoarjo dan Mojokerto. *Environmental Pollution Journal*, 3(2), 708–718.
- Laelasari, E., Anwar, A., & Puspita, T. (2021). Perbandingan risiko kesehatan penggunaan aditif ftalat dan non ftalat pada bahan plastik kemasan makanan. *Jurnal Ekologi Kesehatan*, 20(1), 21–35. <https://doi.org/10.22435/jek.v20i1.3683>
- Li, Y., Lu, Z., Zheng, H., Wang, J., & Chen, C. (2020). Microplastics in surface water and sediments of Chongming Island in the Yangtze Estuary, China. *Environmental Sciences Europe*, 32(1), 1–12. <https://doi.org/10.1186/s12302-020-0297-7>
- Masura, J., Baker, J., Foster, G., & Arthur, C. (2015). Laboratory methods for the analysis of microplastics in the marine environment: recommendations for quantifying synthetic particles in waters and sediments.
- Mufziqom, I. S., Bangun, Santri, Anom, P., & Aliviyanti, D. (2024). Identifikasi mikroplastik pada sedimen di Pulau Perak, Jakarta Indonesia. *Water and Marine Pollution Journal: PoluSea*, 2(1), 37–48. <https://doi.org/10.21776/ub.polusea.2024.002.01.4>
- Nainggolan, D. H., Indarjo, A., & Suryono, C. A. (2022). Mikroplastik yang ditemukan di Perairan Karangjahe, Rembang, Jawa Tengah. *Journal of Marine Research*, 11(3), 374–382. <https://doi.org/10.14710/jmr.v11i3.35021>
- Nisar, & Suharsono, A. (2020). Pengendalian kualitas film biaxially oriented polypropylene (BOPP) di PT. Trias Sentosa Tbk Sidoarjo menggunakan metode diagram kendali multivariat. *Jurnal Sains Dan Seni ITS*, 8(2), D321–D328. <https://doi.org/10.12962/j23373520.v8i2.44377>
- Purwaningrum, P. (2016). Upaya mengurangi timbulan sampah plastik di lingkungan. *Indonesian Journal of Urban and Environmental Technology Journal of Urban and Environmental Technology*, 8(2), 141–147. <https://doi.org/10.4049/jimmunol.159.10.5053>
- Rashid, R. (2023). Microplastic impact: a concise overview of pollution and effects. <https://doi.org/10.20944/preprints202312.1612.v1>
- Sugandi, D., Agustawan, D., Febriyanti, S. V., Yudi, Y., & Wahyuni, N. (2021). Identifikasi jenis mikroplastik dan logam berat di air Sungai Kapuas Kota Pontianak. *Positron*, 11(2), 112. <https://doi.org/10.26418/positron.v11i2.49355>
- Ulfa, Astria, D., Purwanto, E., & Budijono. (2022). Identifikasi mikroplastik pada Ikan Mas (*Cyprinus carpio*) di Waduk PLTA Koto Panjang Kabupaten Kampar Provinsi Riau identification of microplastics in common carp (*Cyprinus carpio*) at Koto Panjang Reservoir Kampar Regency Riau Province. *Jurnal Perikanan Dan Kelautan*, 27(2), 145–150.
- Wang, J., Wang, M., Ru, S., & Liu, X. (2019). High levels of microplastic pollution in the sediments and benthic organisms of the South Yellow Sea, China. *Science of the Total Environment*, 651, 1661–1669. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.10.007>
- Widiyanto, W. W. (2018). Analisa metodologi pengembangan sistem

dengan perbandingan model perangkat lunak sistem informasi kepegawaian menggunakan waterfall development model, model prototype, dan model rapid application development (Rad). *Jurnal Informa: Jurnal Penelitian Dan Pengabdian Masyarakat*, 4(1), 34-40. <http://www.informa.poltekindonusa.ac.id/index.php/informa/article/view/34>

Wijaya, A. B., & Trihadiningrum, Y. (2020). Pencemaran meso- dan mikroplastik di Kali Surabaya pada segmen Driyorejo hingga Karang Pilang. *Jurnal Teknik ITS*, 8(2), G211-G216. <https://doi.org/10.12962/j23373539.v8i2.46000>