

Identifikasi Mikroplastik pada Sedimen di Outlet Pabrik Daur Ulang Plastik Kabupaten Gresik dan Sidoarjo

Eka Wulan Cahya^{✉1} & Yenny Risjani¹

¹Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Brawijaya

ABSTRAK

Pabrik daur ulang plastik mengolah sampah-sampah plastik yang sudah tidak bernilai menjadi produk baru. Namun, industri daur ulang plastik ini menjadi false solution karena dapat menjadi sumber potensial pencemaran plastik dari limbah yang dihasilkan berupa mikroplastik. Penelitian ini bertujuan mengidentifikasi mikroplastik pada sedimen di saluran irigasi dan Kali Pelayaran tempat pembuangan limbah pabrik daur ulang plastik Kabupaten Gresik (PT. Pelita Mekar Semesta) dan Sidoarjo (PT. Harmoni Plastik). Preparasi sampel dilakukan dengan menggunakan metode NOAA. Sampel diambil pada tiga titik (sebelum outlet, outlet, dan sesudah outlet) di setiap lokasi. Kelimpahan mikroplastik yang mendominasi didapatkan pada titik outlet pembuangan limbah pabrik daur ulang plastik Kabupaten Sidoarjo sebesar 3,96 partikel/gram dan 1,9 partikel/gram pada pabrik daur ulang plastik Kabupaten Gresik. Tipe mikroplastik yang ditemukan dari jumlah yang terbanyak ke terkecil adalah filament, fibre, fragment, foam, dan granule.

Kata kunci: Kontaminasi Mikroplastik, Daur Ulang, Sedimen, Limbah

Microplastic Identification in Sediments at the Plastic Recycling Factory Outlet Gresik and Sidoarjo Regency

ABSTRACT

Plastic recycling factories process plastic waste that is no longer valuable into new products. However, the plastic recycling industry is a false solution because it can be a potential source of plastic pollution from the waste produced in the form of microplastics. This research aims to identify microplastics in sediment in irrigation canals and the Pelayaran River where waste is disposed of by plastic recycling factories in Gresik Regency (PT. Pelita Mekar Semesta) and Sidoarjo (PT. Harmoni Plastik). Sample preparation was carried out using the NOAA method. Samples were taken at three points (before the outlet, outlet, and after the outlet) at each location. The dominant abundance of microplastics was found at the waste disposal outlet point of the Sidoarjo Regency plastic recycling factory at 3.96 particles/grams and 1.9 particles/grams at the Gresik Regency plastic recycling factory. The types of microplastics found from largest to smallest were filament, fiber, fragment, foam, and granule.

Keywords: Microplastic Contamination, Recycling, Sediment, Waste

PENDAHULUAN

Penggunaan plastik di Indonesia sudah menjadi salah satu hal masif yang dilakukan masyarakat. Setiap hari masyarakat tidak luput dari penggunaan plastik sekali pakai, mulai dari kemasan air mineral, kemasan makanan ringan, bungkus paket, dan lain-lain. Plastik PP (Polypropylene) banyak digunakan sebagai

kemasan karena karakteristiknya (Deglas, 2023). Kebutuhan plastik di Indonesia semakin meningkat dari waktu ke waktu. Kenaikan rata-rata kebutuhan plastik ini mencapai 200 ton per tahun. Tercatat pada tahun 2002 sampai 2011 kenaikan kebutuhan plastik sudah melonjak sekitar 700.000 ton dari yang awalnya sekitar 1,9

[✉] Corresponding author
Address : Cirebon, Jawa Barat
Email : cahyaw77@gmail.com

juta ton menjadi 2,6 juta ton (Nofendri dan Haryanto, 2021).

Kenaikan kebutuhan dan penggunaan plastik ini akan beriringan dengan peningkatan limbah plastik yang dihasilkan. Berdasarkan data Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional (SIPSN) dari Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK) pada tahun 2022 dengan penginputan yang dilakukan oleh 300 kabupaten atau kota jumlah timbunan sampah Indonesia mencapai angka 35.257.252,45 juta ton per tahun. Sampah yang dapat terkelola dengan baik hanya sebesar 65,06% (22,9 juta ton) dan 34,94% (12,3 juta ton) sisanya belum terkelola dengan baik. Komposisi sampah dari 35.257.252,45 juta ton ini, 17,4% di antaranya adalah sampah plastik (SIPSN, 2022). Kementerian Lingkungan Hidup (KLH) mengasumsikan bahwa setiap harinya masyarakat di Indonesia dapat menghasilkan 0,8 kg sampah setiap orang, atau jika ditotal ada sebesar 189.000 ton sampah per hari dengan 15% di antaranya merupakan sampah plastik yakni sebesar 28.400 ton sampah plastik per hari (Cordova, 2017). Pernyataan ini menunjukkan bahwa tingginya jumlah penduduk di suatu wilayah dapat menyumbangkan sampah yang lebih besar. Berdasarkan data BPS Sidoarjo (2023), jumlah penduduk Kabupaten Sidoarjo pada tahun 2020 adalah 2.282.215 jiwa, dengan setiap penduduk ini berpotensi memberikan sumbangan masukan limbah plastik ke lingkungan. Jumlah penduduk Kabupaten Gresik sendiri adalah 1.291.518 jiwa di tahun 2022 (BPS Gresik, 2023).

Keberadaan industri juga menjadi salah satu penyumbang limbah plastik ke lingkungan selain sampah dari setiap individu atau pun rumah tangga. Berdasarkan data BPS Sidoarjo (2023), jumlah unit usaha industri yang memiliki skala besar dan sedang di Kabupaten Sidoarjo pada tahun 2018 adalah 961 unit. Kabupaten Gresik memiliki total industri skala besar dan sedang pada tahun 2013 sebesar 402 unit (BPS Gresik, 2023). Industri yang mengelola sampah plastik

salah satunya adalah pabrik daur ulang plastik. Daur ulang memiliki definisi sebagai suatu proses pembentukan atau penggunaan kembali barang yang masih memiliki nilai (Musyahidah et al., 2020). Pabrik daur ulang plastik mengolah sampah-sampah plastik yang sudah tidak bernilai ekonomis menjadi produk baru yang bisa dimanfaatkan. Proses daur ulang ini memiliki kelemahan yaitu plastik yang sudah di daur ulang untuk digunakan dalam pembuatan barang plastik baru, kualitasnya akan semakin menurun (Surono dan Ismanto, 2016).

Industri daur ulang plastik ini menjadi *false solution* karena berpotensi untuk menyebabkan pencemaran plastik dari limbah yang dihasilkan dalam proses pendaur ulangan plastik yang akan kembali menghasilkan plastik dalam ukuran yang lebih kecil sehingga dapat masuk ke lingkungan terdekat serta ke dalam sistem air tawar, apabila tidak diatur secara ketat dalam pengendalian limbahnya (Kallenbach et al., 2022). Potongan plastik dari hasil produksi kemudian akan mengalami pelapukan dan terdegradasi oleh beberapa faktor seperti paparan sinar uv, suhu, dan mikroorganisme yang dapat mengubah karakteristik struktur dan ukurannya menjadi kecil (kisaran 0.3-5 mm) yang disebut sebagai mikroplastik (Murtadho et al., 2022). Berdasarkan proses pembentukannya mikroplastik dibagi menjadi dua yakni mikroplastik primer dan sekunder. Mikroplastik yang sejak awal produksinya berukuran mikro disebut mikroplastik primer, sedangkan hasil fragmentasi dari mikroplastik besar yang kemudian menjadi lebih kecil disebut sebagai mikroplastik sekunder --(Sandra & Radityaningrum, 2021). Mikroplastik memiliki beberapa jenis yang umum ditemukan yaitu potongan (fragmen), film, pelet, garis, serat, filamen, dan butiran (Cordova, 2017).

Keberadaan pabrik daur ulang plastik di Sidoarjo (PT Harmoni Plastik) yang memiliki aktivitas industri daur ulang plastik dengan outlet limbah yang langsung terbuang ke perairan Kali Pela-

yanan sangat berpotensi dalam memberikan masukan pencemaran plastik. PT Harmoni Plastik di Sidoarjo melakukan daur ulang plastik-plastik *reject* yang awalnya digunakan sebagai kemasan sekali pakai. Jenis-jenis plastik yang di daur ulang yaitu plastik PE, HDPE, PP, dan sak atau *glansing*. PT Harmoni Plastik akan membuat plastik-plastik tersebut menjadi produk baru yaitu *pellet* plastik. Airan limbah yang keluar dari outlet pembuangan pabrik masuk ke anak Kali Pelayaran. Salah satu sumber pencemar yang juga mempengaruhi kondisi Kali pelayaran adalah aliran sumber pencemaran yang berasal dari cabang Sungai Mangetan Kanal, limbah domestik, persawahan, dan limbah industri di sekitar bantaran sungai. Kali Pelayaran memiliki panjang sungai kurang lebih 20 km. Masyarakat menganggap Kali Pelayaran sebagai salah satu sungai penting di Sidoarjo yang dimanfaatkan sebagai bahan baku untuk Instalasi Pengolahan Air Minum (IPAM), kegiatan MCK, sumber air pertanian, dan sumber air perikanan (Kristianto et al., 2017). Selain itu, di daerah Driyorejo Gresik terdapat PT Pelita Mekar Semesta yang juga menjalankan industri daur ulang plastik dengan buangan limbah yang dialirkan ke saluran irigasi dan masuk ke Kali Tengah kemudian alirannya akan berakhir di Kali Surabaya. PT Pelita Mekar Semesta mendaur ulang botol-botol plastik bekas, plastik kemasan sekali pakai, dan kantong plastik. Produk yang dihasilkan dari proses daur ulangnya berupa sampah gulungan, *polimailer*, tas kresek, dan *pellet*.

Keberadaan limbah pabrik daur ulang plastik ke dalam Kali Pelayaran maupun saluran irigasi dapat mengalirkan mikroplastik ke badan air dan akhirnya akan mengendap di sedimen. Distribusi mikroplastik juga mayoritas ditemukan pada sedimen laut dan sungai (Rahmayanti & Rosariawari, 2021). Mikroplastik yang terus-menerus terendap di sedimen dapat menimbulkan akumulasi mikroplastik pada lapisan sedimen yang lebih dalam. Sifat mikropla-

stik tersebut dapat mengalami perubahan seperti densitasnya, yang disebabkan oleh paparan cahaya matahari yang berkepanjangan di laut, pelapukan, dan *biofouling* (Hidalgo-Ruz et al., 2012 dalam Azizah et al., 2020). Dampak bahaya yang ditimbulkan dari kandungan mikroplastik pada sedimen berupa terganggunya sistem ekologi perairan baik dari jenis biotik maupun abiotik pada ekosistem (Azizah et al., 2020). Organisme akuatik yang ada di perairan juga dapat dengan mudah mengonsumsi mikroplastik karena ukurannya yang sangat kecil, hal ini akan berdampak pada rendahnya reproduksi, cedera mekanis, dan pertumbuhan organisme yang melambat (Khan et al., 2023). Keberadaan mikroplastik ini memiliki pengaruh negatif karena memiliki potensi menyerap senyawa kimia beracun seperti PBTs (*Persistent, Bioaccumulative, and Toxic Substances*) dan POPs (*Persistent Organic Pollutants*) (Ayuningtyas et al., 2019). Mikroplastik mampu membawa polutan beracun ini ke tingkat trofik yang lebih tinggi melalui rantai makanan (Khan et al., 2023).

Mikroplastik juga dapat membawa logam berat dan mikroorganisme patogen yang menempel melalui badan mikroplastik, apabila dikonsumsi oleh manusia maka mikroplastik ini akan masuk ke peredaran darah dan dapat menginfeksi tubuh (Rahmayanti & Rosariawari, 2021). Penelitian sebelumnya yang dilakukan Kallenbach et al. (2022), ditemukan kontaminasi mikroplastik pada sedimen di hulu pabrik daur ulang sebesar 1072,4 partikel/m² atau 0,23 partikel/g dan terdapat konsentrasi kontaminasi yang lebih tinggi pada bagian hilir pabrik daur ulang yaitu 2124,4 partikel/m² atau 0,46 partikel/g. Mikroplastik telah mengkontaminasi berbagai objek seperti pada penelitian Buwono et al. (2021) ditemukan total kelimpahan mikroplastik di perairan Sungai Brantas dengan kisaran 133 partikel/m hingga 5467 partikel/m. Kontaminasi mikroplastik di Sungai Brantas cukup tinggi ditunjukkan pada penelitian Buwono et al. (2021) bahwa do-

Tabel 1
Titik Koordinat Pengambilan Sampel

Lokasi	Titik Pengambilan Sampel	Titik Koordinat
1. PT Pelita Mekar Semesta	Sebelum Outlet	S07 21'38.2" E112 36'12.0"
	Outlet	S07 21'40.6" E112 36'12.0"
	Sesudah Outlet	S07 21'41.8" E112 36'12.0"
2. PT Harmoni Plastik	Sebelum Outlet	S07 22'04.8" E112 38'41.1"
	Outlet	S07 22'06.5" E112 38'42.6"
	Sesudah Outlet	S07 22'07.7" E112 38'44.5"

Sumber: Data Primer Diolah, (2023)

minasi mikroplastik dengan ukuran 0,1 mm mencapai 76-100%. Berdasarkan penelitian Buwono et al., 2022 mikroplastik ditemukan di dalam ikan spesies *Gambusia affinis* yang ada di Sungai Brantas dengan kelimpahan mikroplastik pada insang sebesar 44,8 partikel/g dan 765,8 partikel/g pada saluran pencernaan. Penelitian Supriatna et al., (2023) menunjukkan adanya biota lain yang ditemukan telah terkontaminasi mikroplastik yaitu gastropoda spesies *Telescopium telescopium* dengan hasil kelimpahan mikroplastik sebesar 33.87 ± 8.95 partikel/L, 404.43 ± 101.18 partikel/Kg berat kering, dan 5.8 ± 5.27 partikel/individu. Oleh karena itu, penting untuk mengidentifikasi kelimpahan dan jenis-jenis mikroplastik pada sampel sedimen di outlet pabrik daur ulang plastik karena dampaknya yang sangat berbahaya dapat terbawa melalui rantai makanan dan mencapai tingkat trofik yang lebih tinggi. Penelitian ini juga penting untuk mengetahui akumulasi mikroplastik dalam sedimen di outlet pembuangan limbah pabrik daur ulang plastik Kabupaten Gresik dan Sidoarjo yang dapat digunakan untuk menilai resiko ekologi yang berkaitan dengan mikroplastik.

METODE PENELITIAN

Penelitian yang dilakukan dalam identifikasi mikroplastik pada sampel sedimen di outlet Pabrik Daur Ulang Plastik Kabupaten Sidoarjo menggunakan jenis penelitian deskriptif. Jenis penelitian deskriptif yang digunakan adalah deskrip

deskriptif kuantitatif yang diambil dari data kelimpahan mikroplastik dan deskriptif kualitatif yang diambil dari data karakteristik atau tipe mikroplastik. Studi pendahuluan juga dilakukan dalam penelitian ini sebagai tahap awal untuk mendapatkan gambaran dari kawasan penelitian yaitu outlet dari Pabrik Daur Ulang Plastik serta melakukan studi *literature* mengenai mikroplastik pada sedimen untuk memperkuat pokok penelitian. Selain itu, preparasi sampel pada penelitian ini menggunakan metode NOAA (*National Oseanic and Atmospheric Administration*).

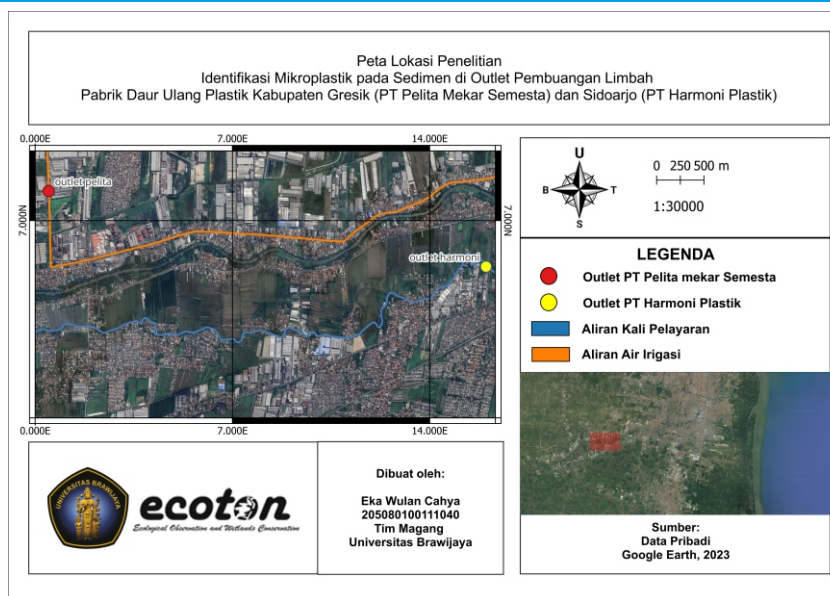
Alat dan Bahan

Alat-alat yang dibutuhkan untuk pengambilan sampel dalam penelitian adalah sekop non plastik, botol sampel (400 ml), GPS *essential*, penggaris besi, meteran, dan *cool box*. Preparasi dan identifikasi sampel membutuhkan alat seperti mangkok *stainless*, timbangan analitik digital, oven, mortar dan *pestle*, ayakan *stainless steel* (ukuran 0,3 mm dan 5 mm), botol sampel kaca (ukuran 120 ml), *washing bottle*, *filter stainless* 300 mesh, pipet tetes, gelas ukur 100 ml, corong, beaker glass, pengaduk kaca, cawan petri, jarum.

Bahan-bahan yang dibutuhkan dalam melakukan penelitian yaitu sampel sedimen, larutan FeSO_4 30%, larutan H_2O_2 30%, larutan NaCl 30%, *aquades*, kertas label, kertas *millimeter block*, tisu, dan *aluminium foil*.

Prosedur Penelitian

Penentuan lokasi sampling dilakukan dengan metode *purposive sampling*. Titik sampling dipilih dari daerah yang dapat



Sumber: Data Primer Diolah, (2023)

Gambar 1
Lokasi Pengambilan Sampel

mewakili lokasi penelitian yang merupakan outlet limbah daur ulang plastik. Titik sampling ditandai dengan menggunakan GPS *essential* dan diinput menjadi peta lokasi dengan menggunakan *software* QGIS.

Pengambilan sampel dilakukan dengan menggunakan metode yang mengacu dari penelitian Kallenbach et al. (2022), titik sampling yang diambil terdiri dari 3 titik, titik 1 terletak sebelum outlet pabrik daur ulang, titik 2 terletak pada outlet pabrik daur ulang, dan titik 3 terletak setelah outlet pabrik daur ulang. Pengambilan titik dilakukan dengan membuat garis transek sepanjang 50 meter dan rentang setiap lokasi digambarkan dengan jangkauan panjang sekitar 25 meter. Sampel sedimen yang diambil adalah 5 cm dari sedimen bagian atas dan dimasukkan ke dalam botol kaca ukuran 400 ml hingga penuh. Sampel yang sudah diambil kemudian diletakkan pada *coolbox* dan siap dipreparasi di laboratorium.

Identifikasi mikroplastik dari sampel sedimen dilakukan dalam penelitian Masura et al. (2015) dengan metode NOAA (*National Oceanic and Atmospheric Administration*) yang sudah dimodifikasi melalui beberapa tahapan. Tahap pertama adalah pengambilan

sampel, langkah awal yang dilakukan adalah *tagging* lokasi menggunakan *GPS essential* pada *smarthphone*. Pengambilan sampel sedimen dilakukan di tiga titik lokasi yaitu sebelum outlet, outlet, dan sesudah outlet Pabrik Daur Ulang Plastik Kabupaten Gresik dan Sidoarjo menggunakan sekop *stainless* untuk mengambil sedimen, kemudian diletakkan pada toples kaca ukuran 400 ml hingga penuh. Berikutnya, sampel dimasukkan ke dalam *coolbox* untuk selanjutnya dilakukan preparasi sampel di laboratorium.

Tahap kedua adalah melakukan penimbangan sampel basah dengan menggunakan timbangan analitik digital dan dicatat hasilnya. Proses yang dilakukan berikutnya adalah preparasi sampel yang sudah didapatkan. Metode preparasi sampel diawali dengan memanaskan sedimen ke dalam oven pada suhu 100° Celcius selama 12 jam atau hingga kering. Sampel kering kemudian disaring dengan menggunakan ayakan berukuran 5 mm. Sampel sedimen hasil penyaringan kemudian dihaluskan dengan mortar dan *pestle*. Sampel yang sudah dihaluskan disaring kembali dengan ayakan berukuran 0,3 mm dan hasilnya ditimbang menggunakan timbangan analitik digital sebesar 50 gram.

Sampel selanjutnya diletakkan ke dalam botol sampel kaca dan ditambahkan dengan NaCl, lalu diaduk selama 2 menit serta diinkubasi dalam suhu ruang selama 24 jam. Setelah inkubasi selesai, ambil lapisan atas dan pindahkan ke botol sampel kaca yang lain. Tahap berikutnya adalah destruksi zat-zat organik untuk pemisahan sampel dari bahan organik. Hal ini dilakukan dengan cara menambahkan 20 ml H₂O₂ 30% (hidrogen peroksida) 30% dan FeSO₄ 0,05 M sejumlah 5 ml dengan menggunakan pipet tetes ke dalam lapisan yang sudah dipisahkan sebelumnya. Setelah itu, sampel diinkubasi selama kurang lebih 24 jam untuk memisahkan partikel sampel. Sampel dipanaskan dengan menggunakan *hot plate* selama kurang lebih 30 menit pada suhu 70°C dan didiamkan hingga dingin. Sampel kemudian disaring kembali menggunakan *filter stainless* 300 mesh. *Filter stainless* akan menjerat partikel-partikel sampel, hasil partikel yang terjerat dalam *filter* diturunkan ke cawan petri dengan larutan NaCl 30% untuk meningkatkan densitas. Kemudian, sampel pada cawan petri siap untuk dilakukan identifikasi.

Tahap identifikasi sampel dilakukan dengan menggunakan mikroskop. Mikroskop yang dipakai dalam proses ini adalah mikroskop *binocular stereo* dengan perbesaran 4x10 yang dilengkapi dengan kamera *Digital Wais Sanqtid DX-300*. Kelimpahan mikroplastik pada sampel air dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut (Masura *et al.*, 2015).

$$K = \frac{N}{M} \quad (1)$$

K merupakan variabel yang menunjukkan kelimpahan mikroplastik, N merupakan variabel yang menunjukkan jumlah partikel yang ditemukan dalam pengamatan, dan M merupakan massa sedimen kering

$$\text{Persentase} = \frac{N}{N_{\text{total}}} \times 100\% \quad (2)$$

Perhitungan persentase diperlukan untuk menghitung persentase

partikel mikroplastik berdasarkan jenis dan warna. Pada rumus di atas, N merupakan variabel yang menunjukkan jumlah partikel jenis atau warna/partikel, sedangkan N total adalah jumlah keseluruhan partikel jenis atau warna/partikel.

Proses Identifikasi Jenis Mikroplastik

Identifikasi jenis mikroplastik secara visual dengan menyesuaikan beberapa aturan berikut menurut Peng *et al.* (2017).

1. Partikel yang tidak dapat dirobek terpisah dengan penjepit;
2. Partikel yang memiliki warna yang dapat dibedakan;
3. Partikel yang tidak memiliki struktur organik (seperti simpul).

Berdasarkan bentuknya, jenis mikroplastik dikelompokkan menjadi 5 yaitu *fibre* atau filamen dengan ciri tipis, berserat, dan lurus; *pellet* dengan ciri teksturnya keras dan partikelnya berbentuk bulat; *fragment* dengan ciri partikelnya keras dan bergerigi; *foam* dengan ciri partikelnya ringan seperti spons; dan film dengan ciri memiliki bidang tipis (Sandra & Radityaningrum, 2021). Mikroplastik juga dapat dikategorikan berdasarkan dari warna yang dimilikinya menjadi 6 kelompok yakni biru, hitam, kuning, transparan, putih, dan merah. Kategori biru termasuk di dalamnya memuat beberapa warna seperti biru, biru tua, biru muda, hijau tua, dan hijau muda. Kategori hitam terdiri dari warna hitam transparan, abu-abu dan partikel hitam bergaris putih. Kategori kuning terdiri dari warna oranye dan coklat. Kategori transparan terdiri dari partikel yang tidak berwarna. Kategori putih tidak termasuk partikel transparan, tapi yang termasuk adalah partikel perak. Kelompok terakhir yakni merah terdiri dari partikel merah muda dan ungu (Peng *et al.*, 2017).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Gambaran Umum Lokasi Penelitian

Penelitian dilaksanakan di dua outlet pembuangan limbah dari pabrik daur ulang plastik Kabupaten Gresik (PT Pelita Mekar Semesta) dan pabrik daur ulang



Sumber: Pelita Mekar, (2023)

Gambar 2

Proses Daur Ulang PT. Pelita Mekar Semesta



Sumber: Pelita Mekar, (2023)

Gambar 3

Sampah Daur Ulang PT. Pelita Mekar Semesta



Sumber: Google Maps, (2019)

Gambar 4

Plastik Reject yang di Daur Ulang PT. Harmoni Plastik

plastik Kabupaten Gresik (PT Pelita Mekar Semesta), limbahnya dialirkan ke air irigasi. Letak pabrik berada di pinggir jalan dan lokasi sekitar berdekatan dengan pabrik-pabrik lainnya. Aliran air irigasi yang menjadi tempat pembuangan limbah dari pabrik ini juga ikut melewati pabrik-pabrik lain yang ada di daerah sekitar. Lokasi kedua, outlet pembuangan limbah dari pabrik daur ulang plastik Kabupaten Sidoarjo (PT Harmoni Plastik), aliran limbahnya langsung masuk ke dalam Kali Pelayaran. Pabrik ini juga terletak di pinggir jalan dan dekat dengan jembatan, di samping jembatan dekat pabrik, ditemukan tempat pembuangan sampah yang tidak terkelola dengan baik, beberapa sampah juga ditemukan masuk ke sungai.

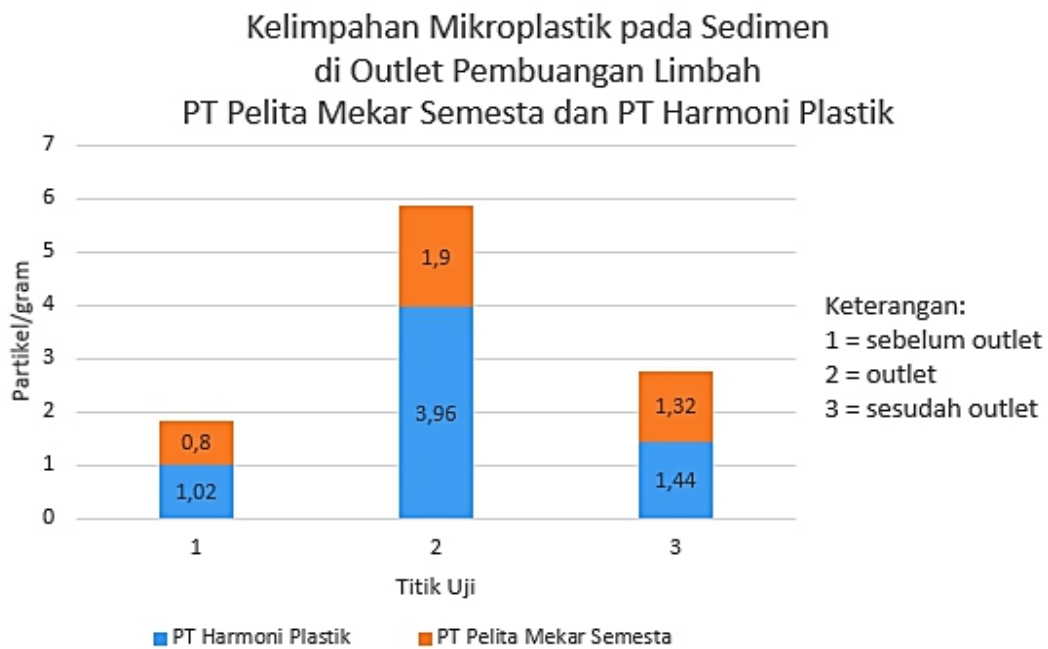
PT Pelita Mekar Semesta di Kabupaten Gresik berdiri sejak tahun 2011 dan mendaur ulang plastik menjadi produk-produk baru seperti kantong sampah gulungan, *polimailer*, tas kresek, dan *pellet*. Produk-produk ini dibuat dengan beberapa proses. Bahan mentah

yang telah disortir kemudian dihancurkan menjadi potongan-potongan kecil untuk proses pembersihan yang lebih baik. Pembersihan bahan mentah yang telah dihancurkan dibawa ke proses pembersihan selanjutnya untuk memastikan bahan tersebut bersih dan juga kering pada akhirnya. Selanjutnya dilakukan pelletisasi bahan yang sudah dibersihkan kemudian diproses di mesin untuk membuat *pellet* plastik, selanjutnya *pellet* diproses di mesin konversi untuk menghasilkan produk akhir (Pelita Mekar, 2023).

PT Harmoni Plastik merupakan pabrik daur ulang yang mendaur ulang sampah plastik *reject* dan jenis plastik lainnya seperti PE, HDPE, PP, dan sak atau *glansing*. Produk yang dihasilkan berupa *pellet* plastik. Proses daur ulang dilakukan dengan melakukan pembersihan, penggilingan, dan pembuatan *pellet* plastik dengan menggunakan mesin.

Kelimpahan Mikroplastik

Identifikasi yang dilakukan dari dua pabrik daur ulang plastik di Kabupaten



Sumber: Data Primer Diolah, (2023)

Gambar 5
Kelimpahan Mikroplastik pada Setiap Titik Sampling

Gresik (PT Pelita Mekar Semesta) dan di Kabupaten Sidoarjo (PT Harmoni Plastik) dengan tiga titik uji pada masing-masing lokasi semuanya ditemukan terkontaminasi oleh mikroplastik. Jumlah kelimpahan mikroplastik di sedimen air irigasi yang dialiri limbah dari outlet pembuangan pabrik daur ulang plastik Kabupaten Gresik (PT Pelita Mekar Semesta) pada titik 1 (sebelum outlet) ditemukan mikroplastik sebesar 0,8 partikel/gram, titik 2 (outlet) sebesar 1,9 partikel/gram, dan titik 3 (sesudah outlet) sebesar 1,32 partikel/gram. Mikroplastik yang ditemukan di sedimen anak Kali pelayaran yang dialiri limbah dari outlet pabrik daur ulang plastik Kabupaten Sidoarjo (PT Harmoni Plastik) pada titik 1 (sebelum outlet) ditemukan mikroplastik sebesar 1,02 partikel/gram, titik 2 (outlet) sebesar 3,96 partikel/gram, dan titik 3 (sesudah outlet) sebesar 1,44 partikel/gram.

Kelimpahan mikroplastik dari sedimen pada tiga titik uji di kedua pabrik daur ulang menunjukkan hasil yang dominan pada lokasi kedua yaitu outlet pembuangan limbah PT Pelita Mekar Semesta sebesar 1,9 partikel/gram dan PT

Harmoni Plastik sebesar 3,96 partikel/gram. Hal ini dapat disebabkan oleh adanya buangan limbah dari pabrik daur ulang mengandung mikroplastik yang tinggi, sehingga mikroplastik yang terendap dalam sedimen air irigasi dan sedimen anak Kali Pelayaran pun lebih banyak jika dibandingkan dengan titik sebelum dan sesudah outlet. Selain itu, kelimpahan dan persebaran mikroplastik sangat dipengaruhi oleh aktivitas manusia seperti pembuangan air limbah, pembuangan limbah industri, budidaya laut, dan permukiman (Suet et al., 2021). PT Harmoni Plastik lebih dekat dengan pemukiman dan di daerah sekitar pabrik terdapat tempat pembuangan sampah yang tidak dikelola dengan baik. Selain itu, outlet pembuangan limbah PT Harmoni Plastik mengalir ke anak sungai yang sumber mikroplastiknya juga dapat dipengaruhi oleh aktivitas warga di sungai tersebut. Hal ini dapat menjadi salah satu faktor pendukung tingginya kelimpahan mikroplastik pada sedimen di outlet pembuangan limbah di PT Harmoni Plastik dibandingkan dengan PT Pelita Mekar Semesta.

Berdasarkan nilai kelimpahan yang

didapatkan juga dapat diketahui dari adanya buangan limbah kedua pabrik daur ulang plastik ini telah mempengaruhi wilayah sebelum maupun sesudah outlet. Ditemukannya mikroplastik di titik sebelum outlet dengan rentang 25 meter dapat menandakan bahwa limbah yang dibuang oleh pabrik tidak hanya mencemari dan mengkontaminasi wilayah outlet, akan tetapi menyebar sampai ke wilayah sebelum outlet. Nilai kelimpahan mikroplastik pada titik sebelum outlet menunjukkan kontaminasi mikroplastik yang cukup rendah jika dibandingkan dengan titik lainnya, hal ini dapat disebabkan oleh adanya arus pada aliran air sungai dan irigasi, sehingga titik yang mendapatkan pengaruh buangan limbah berupa kontaminasi mikroplastik yang paling tinggi adalah outlet dan sesudah outlet. Titik sesudah outlet memiliki tingkat kontaminasi kedua tertinggi dari 3 titik yang diuji. Hal ini disebabkan terbawanya limbah buangan pabrik daur ulang plastik oleh aliran arus sungai maupun saluran irigasi sampai ke titik tersebut dari 2 titik sebelumnya (sebelum outlet dan outlet pembuangan limbah).

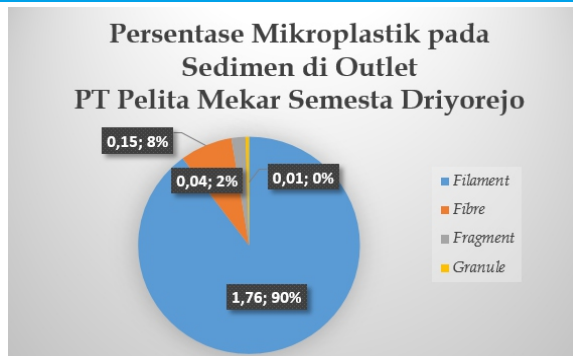
Mikroplastik dapat terendap di sedimen disebabkan oleh adanya pengaruh dari paparan cahaya matahari yang berkepanjangan, pelapukan dan *biofouling* sehingga densitasnya mengalami perubahan atau menurun (Hidalgo-Ruz et al., 2012). Plastik juga dapat menjadi sarana atau tempat mikroba seperti diatom berkembang pada permukaan dan membentuk biofilm, sehingga meningkatkan densitas dan menyebabkan tenggelamnya mikroplastik ke dalam perairan (Suet et al., 2021). Mikroplastik yang terendap di dasar sedimen juga dapat dipengaruhi oleh densitas plastik yang lebih tinggi dibandingkan dengan besaran densitas air dan gaya gravitasi (Azizah et al., 2020). Plastik dengan jenis PS memiliki berat jenis 1,04 g/cm dan PET 1,36 g/cm yang lebih besar dan padat daripada air tawar, sehingga memiliki kecenderungan untuk

tenggelam, sedangkan plastik PP memiliki berat jenis 0,91 g/cm yang akan lebih cenderung untuk mengapung karena berat jenisnya kurang padat daripada air tawar (Suzuki et al., 2022). Sedimen juga mempunyai kerapatan yang rendah sehingga memungkinkan mikroplastik untuk masuk dan terjebak didalamnya (Ibrahim et al., 2023). Tingginya kelimpahan mikroplastik pada sedimen maka menunjukkan bahwa polutan yang ada di daerah tersebut juga semakin tinggi (Yona et al., 2020). Hal ini disebabkan oleh mikroplastik dapat menjadi vektor polutan yang berbahaya seperti POP (Polutan Organik Persisten) dan vektor dari logam berat yang dapat mengangkut kontaminan ke ekosistem melalui rantai makanan. Oleh karena itu, mikroplastik juga dapat meningkatkan bioavailabilitas polutan ke ekosistem dan organisme melalui penyerapan dan bioakumulasi (Suet et al., 2021).

Jenis Mikroplastik

Jenis mikroplastik pada sedimen saluran irigasi tempat keluarnya limbah dari outlet PT Pelita Mekar Semesta Kabupaten Gresik ditemukan mikroplastik dengan jumlah tertinggi hingga terendah adalah tipe *filament*, *fibre*, *fragment*, dan *granule*. Tipe mikroplastik yang paling dominan sampai yang paling rendah jumlahnya di sedimen anak Kali Pelayaran tempat keluarnya limbah dari outlet PT Harmoni Plastik Kabupaten Sidoarjo adalah *filament*, *fibre*, *fragment*, dan *foam*. *Filament* menempati tipe yang paling dominan dari lokasi pertama yaitu PT Pelita Mekar Semesta Kabupaten Gresik dengan persentase tertinggi yaitu kisaran 90%, diikuti tipe *fibre* 8%, dan *fragment* sebesar 2%. *Granule* menjadi tipe yang paling minim ditemukan sehingga persentasenya berkisar 0% disebabkan oleh nilai kelimpahan dari tipe *granule* ini hanya sebesar 0,1 partikel/gram.

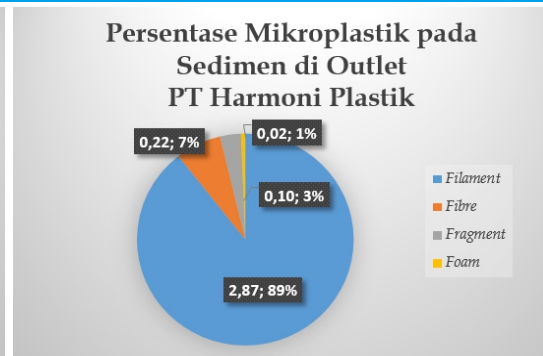
Persentase mikroplastik pada sedimen di PT Harmoni Plastik juga didominasi oleh tipe *filament*. Total 89% mikroplastik tipe *filament* ditemukan di PT Harmoni Plastik, lalu diikuti dengan 7%



Sumber: Data Primer Diolah, (2023)

Gambar 6

Persentase Mikroplastik di PT. Pelita Mekar Semesta Driyorejo



Sumber: Data Primer Diolah, (2023)

Gambar 7

Persentase Mikroplastik di PT. Harmoni Plastik

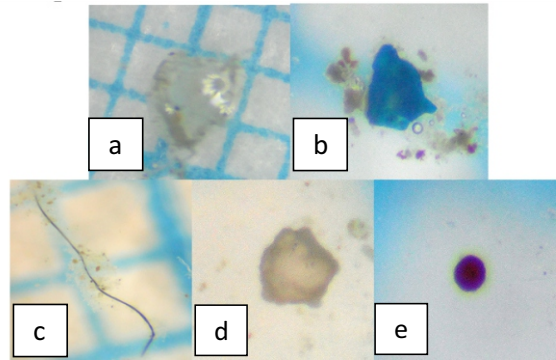
tipe *fibre*, 3% tipe *fragment*, dan 1% tipe *foam*. Berdasarkan sumbernya mikroplastik dibagi menjadi dua yaitu mikroplastik primer dan sekunder. Mikroplastik primer adalah kelompok mikroplastik yang awal pembentukannya berukuran kurang dari 5 mm seperti biji plastik (*pellet*) atau pun *microbeads* yang ada pada dalam produk kosmetik. Mikroplastik sekunder adalah mikroplastik yang berasal dari hasil fragmentasi plastik-plastik ukuran besar (Putri *et al.*, 2022).

Mikroplastik dengan jenis *filament* banyak ditemukan di kedua lokasi pabrik dapat disebabkan oleh jenis sampah yang diolah pada kedua pabrik daur ulang tersebut banyak dari plastik *reject*, kantong plastik, dan plastik-plastik kemasan lainnya. Kelimpahan mikroplastik dari setiap tipe yang ada di kedua pabrik hasil yang paling tinggi adalah *filament* dengan jumlah kelimpahan 5,74 partikel/gram di PT Harmoni Plastik dan 3,62 partikel/gram di PT Pelita Mekar Semesta. Lalu di posisi yang kedua ada tipe *fibre* dengan kelimpahan sebesar 0,44 partikel/gram di PT Harmoni Plastik dan 0,3 partikel/gram di PT Pelita Mekar Semesta. Tipe *fragment* memiliki kelimpahan sebesar 0,2 partikel/gram di di PT Harmoni Plastik dan 0,08 partikel/gram di PT Pelita Mekar Semesta. Tipe berikutnya adalah tipe *granule*, namun tipe ini hanya di temukan pada PT Pelita Mekar Semesta dengan kelimpahan sebesar 0,02 partikel/gram, sedangkan

tipe *foam* hanya ditemukan di PT Harmoni Plastik dengan kelimpahan sebesar 0,04 partikel/gram.

Persentase mikroplastik pada sedimen di PT Harmoni Plastik juga didominasi oleh tipe *filament*. Total 89% mikroplastik tipe *filament* ditemukan di PT Harmoni Plastik, kemudian diikuti dengan 7% tipe *fibre*, 3% tipe *fragment*, dan 1% tipe *foam*. Berdasarkan sumbernya mikroplastik dibagi menjadi dua yaitu mikroplastik primer dan sekunder. Mikroplastik primer adalah kelompok mikroplastik yang dari awal pembentukannya berukuran kurang dari 5 mm seperti biji plastik (*pellet*) atau pun *microbeads* yang ada pada dalam produk kosmetik. Mikroplastik sekunder adalah mikroplastik yang berasal dari hasil fragmentasi plastik-plastik ukuran besar (Putri *et al.*, 2022).

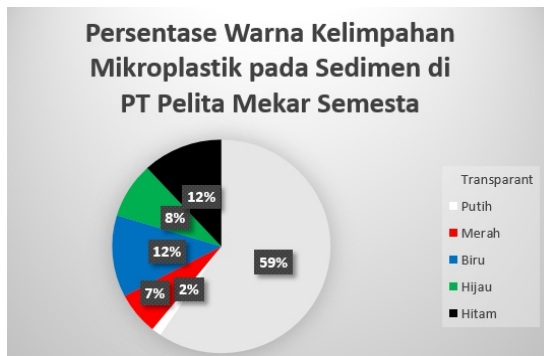
Mikroplastik dengan jenis *filament* banyak ditemukan di kedua lokasi pabrik dapat disebabkan oleh jenis sampah yang diolah pada kedua pabrik daur ulang tersebut banyak dari plastik *reject*, kantong plastik, dan plastik-plastik kemasan lainnya. Kelimpahan mikroplastik dari setiap tipe yang ada di kedua pabrik hasil yang paling tinggi adalah *filament* dengan jumlah kelimpahan 5,74 partikel/gram di PT Harmoni Plastik dan 3,62 partikel/gram di PT Pelita Mekar Semesta. Lalu di posisi yang kedua ada tipe *fibre* dengan kelimpahan sebesar 0,44 partikel/gram di PT Harmoni Plastik dan 0,3 partikel/gram di PT Pelita Mekar Sem-



Sumber: Data Primer Diolah (2023)

Gambar 8

Jenis Mikroplastik: a. Filament, b. Fragment, c. Fibre, d. Foam, e. Granule



Sumber: Data Primer Diolah, (2023)

Gambar 9

Presentase Warna Kelimpahan Mikroplastik PT. Pelita Mekar Semesta



Sumber: Data Penelitian Diolah, (2023)

Gambar 10

Persentase Warna Kelimpahan Mikroplastik di PT. Harmoni Plastik

esta. Tipe *fragment* memiliki kelimpahan sebesar 0,2 partikel/gram di di PT Harmoni Plastik dan 0,08 partikel/gram di PT Pelita Mekar Semesta. Tipe berikutnya adalah tipe *granule*, namun tipe ini hanya di temukan pada PT Pelita Mekar Semesta dengan kelimpahan sebesar 0,02 partikel/gram, sedangkan tipe *foam* hanya ditemukan di PT Harmoni Plastik dengan kelimpahan sebesar 0,04 partikel/gram.

Berdasarkan bentuknya mikroplastik dibedakan menjadi *fragment*, *foam*, *line/fibre*, *pellet*, dan *film* (Free et al., 2014). Tipe *fibre* adalah mikroplastik yang terbentuk dari benang-benang pancing, alat tangkap ikan, serat pakaian, dan filter yang ada pada rokok (Andrady, 2017). Pakaian sintetis dengan kandungan mikroplastik dalam seratnya dan melepaskan rata-rata 700.000 serat dari 6Kg pakaian dalam satu kali proses pencucian (Napper & Thompson, 2016). *Fibre* umumnya memiliki bentuk yang tipis dan panjang seperti serat sintetis

(Ayuningtyas et al., 2019). Tipe *filament* atau film memiliki bentuk yang sangat tipis, mikroplastik dengan tipe ini dihasilkan dari kemasan makanan. (Ayuningtyas et al., 2019). *Fragment* adalah tipe mikroplastik yang dihasilkan dari polimer sintesis yang sangat kuat, kerusakan plastik kaku, dan potongan produk-produk plastik (Azizah et al., 2020). Mikroplastik tipe *granule* merupakan mikroplastik yang memiliki bentuk bulat seperti butiran atau dapat berupa partikel halus, transparan, dan bulat, sesuai dengan bentuk *microbeads* yang terdapat pada produk *hygiene* dan kosmetik (Tuhumury & Sahetapy, 2022).

Warna Mikroplastik

Warna plastik yang paling dominan dari hasil identifikasi mikroplastik pada sedimen di outlet PT Pelita Mekar Semesta Kabupaten Gresik 59% adalah mikroplastik dengan warna transparan. Warna berikutnya dari yang memiliki persentase tertinggi sampai terendah ialah

warna biru 12%, warna hitam 12%, warna merah 7%, warna hijau 8%, dan warna putih 2%.

Mikroplastik yang ditemukan pada sedimen di outlet PT Harmoni Plastik memiliki 6 warna. Warna mikroplastik dari yang persentasenya paling tinggi sampai terendah adalah transparan 41%, warna putih 40%, warna hitam 8%, warna merah 4%, warna biru 4%, dan warna hijau 3%. Tingginya mikroplastik dengan warna putih dapat disebabkan oleh "stress pemutih" yang terjadi selama proses penggilingan atau peletisasi (Suzuki et al., 2022). Mikroplastik berwarna putih dapat berasal dari wadah plastik, *sterofom*, dan juga botol-botol (Ibrahim et al., 2023). Dominasi mikroplastik dengan warna transparan pada sedimen di kedua outlet pabrik daur ulang plastik ini menunjukkan bahwa mikroplastik telah lama terpapar oleh sinar UV. Mikroplastik akan memudar warnanya saat terpapar sinar UV secara terus-menerus (Hiwari et al., 2019). Proses degradasi plastik disebabkan oleh radiasi sinar UV yang memicu degradasi oksidatif pada polimer. Selama berada tahap degradasi, sampah plastik memiliki ciri-ciri seperti *discolour*, menjadi lebih lunak dan mudah hancur dengan berjalannya waktu. Mikroplastik dengan warna hitam dapat menunjukkan bahwa mikroplastik tersebut dapat menyerap banyak kontaminan (Ibrahim et al., 2023). Mikroplastik yang memiliki warna pekat dan cerah menunjukkan bahwa belum terjadi *discolouring* atau perubahan warna yang signifikan pada mikroplastik (Febriani et al., 2020).

SIMPULAN

Kelimpahan mikroplastik dari sedimen pada tiga titik sampling di dua pabrik daur ulang menunjukkan hasil pada lokasi outlet pembuangan limbah PT Pelita Mekar Semesta sebesar 1,9 partikel/gram dan PT Harmoni Plastik sebesar 3,96 partikel/gram. Tipe mikroplastik yang ditemukan di outlet pembuangan limbah PT Pelita Mekar Semesta adalah *fragment*, *filament*, *fibre*, dan *foam*. Sedangkan, tipe

mikroplastik yang ditemukan di outlet pembuangan limbah PT Harmoni Plastik adalah *fragment*, *filament*, *fibre*, dan *granule*. Filamen menjadi tipe yang paling banyak ditemukan di kedua pabrik daur ulang plastik. Warna mikroplastik yang ditemukan adalah transparan, biru, merah, putih, hijau, dan hitam. Warna transparan mendominasi dari kedua pabrik, hal ini menunjukkan bahwa mikroplastik sudah terpapar sinar UV dalam waktu yang lama.

DAFTAR PUSTAKA

- Andrady, A. L. (2017). The plastic in microplastics: A review. *Marine Pollution Bulletin*, 119(1), 12-22. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbu.2017.01.082>
- Ayuningtyas, W. C., Yona, D., S, S. H. J., & Iranawati, 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>
- BPS Gresik. (2023). *Jumlah Industri Besar Sedang Kabupaten Gresik 2013*. <https://gresikkab.bps.go.id/statictable/2015/03/20/57/jumlah-industri-besar-sedang-kabupaten-gresik-2013.html>
- BPS Gresik. (2023). *Jumlah Penduduk Menurut Kelompok Umur dan Jenis Kelamin dan Sex Rasio 2020-2022*. <https://gresikkab.bps.go.id/indicator/12/314/1/jumlah-penduduk-menurut-kelompok-umur-jenis-kelamin-dan-sex-rasio.html>
- BPS Sidoarjo. (2023). *Jumlah Perusahaan Industri Besar dan Industri Sedang Menurut Kecamatan 2018*. <https://sidoarjo.bps.go.id/statictable/2019/10/10/119/jumlah-perusahaan-industri-besar-dan-industri-sedang-menurut-kecamatan-2018.html>

- BPS Sidoarjo. (2023). *Penduduk menurut jenis kelamin dan kelompok umur (Jiwa), 2018 - 2020*. <https://sidoarjakab.bps.go.id/indicator/12/118/1/penduduk-menurut-jenis-kelamin-dan-kelompok-umur.html>
- Buwono, N. R., Risjani, Y., & Soegianto, A. (2021a). Contamination of microplastics in Brantas River, East Java, Indonesia and its distribution in gills and digestive tracts of fish *Gambusia affinis*. *Emerging Contaminants*, 7, 172–178. <https://doi.org/10.1016/j.emcon.2021.08.002>
- Buwono, N. R., Risjani, Y., & Soegianto, A. (2021). Distribution of microplastic in relation to water quality parameters in the Brantas River, East Java, Indonesia. *Environmental Technology and Innovation*, 24, 101915. <https://doi.org/10.1016/j.eti.2021.101915>
- Buwono, N. R., Risjani, Y., & Soegianto, A. (2022). Oxidative stress responses of microplastic-contaminated *Gambusia affinis* obtained from the Brantas River in East Java, Indonesia. *Chemosphere*, 293, 133543. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2022.133543>
- Cordova, M. R. (2017). Pencemaran Plastik di Laut. *42*(3), 21–30.
- Deglas, W. (2023). Pengaruh Jenis Plastik Polyethylene (PE), Polypropylene (PP), High Densitu Polyethylene (HDPE), dan Overheated Polypropylene (OPP) Terhadap Kualitas Buah Pisang Mas. *Jurnal Pertanian Dan Pangan*, 5(1), 33–42.
- Febriani, I. S., Amin, B., & Fauzi, M. (2020). Distribusi mikroplastik di perairan Pulau Bengkalis Kabupaten Bengkalis Provinsi Riau. *Depik*, 9(3), 386–392. <https://doi.org/10.13170/depik.9.3.17387>
- Free, C. M., Jensen, O. P., Mason, S. A., Eriksen, M., Williamson, N. J., & Boldgiv, B. (2014). High-levels of microplastic pollution in a large, remote, mountain lake. *Marine Pollution Bulletin*, 85(1), 156–163. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2014.06.001>
- Hidalgo-Ruz, V., Gutow, L., Thompson, R. C., & Thiel, M. (2012). Microplastics In The Marine Environment: A Review Of The Methods Used For Identification And Quantification. *Environmental Science and Technology*, 46, 3060 – 3075. <https://doi.org/10.1021/es2031505>
- 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, F. T., Suprijanto, J., & Haryanti, D. (2023). Analisis Kandungan Mikroplastik pada Sedimen di Perairan Semarang, Jawa Tengah. *Journal of Marine Research*, 12(1), 144–150. <https://doi.org/10.14710/jmr.v12i1.36506>
- Kallenbach, E. M. F., Eriksen, T. E., Hurley, R. R., Jacobsen, D., Singdahl-Larsen, C., & Friberg, N. (2022). Plastic recycling plant as a point source of microplastics to sediment and macroinvertebrates in a remote stream. *Microplastics and Nanoplastics*, 2(1). <https://doi.org/10.1186/s43591-022-00045-z>
- Khan, M. B., Urmy, S. Y., Setu, S., Kanta, A. H., Gautam, S., Eti, S. A., Rahman, M. M., Sultana, N., Mahmud, S., & Baten, M. A. (2023). Abundance, distribution and composition of microplastics in sediment and fish species from an Urban River of Bangladesh. *Science of the Total Environment*, 885(February), 163876. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.163876>
- Kristianto, S., Wilujeng, S., & Wahyudiarto, D. (2017). Analisis Logam Berat Kromium (Cr) pada Kali

- Pelayaran Sebagai Bentuk Upaya Penanggulangan Pencemaran Lingkungan di Wilayah Sidoarjo. *Biota*, 3 (2) , 6 6 .
<https://doi.org/10.19109/biota.v3i2.1196>
- 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. *NOAA Technical Memorandum NOS-OR&R-48*.
- Murtadho, M. F., Aliyansyah, G., Wienardy, A. E., & Ramadhani, R. A. (2022). Identifikasi Kelimpahan dan Karakteristik Mikroplastik pada Air Kali Mas, Kota Surabaya. *Environmental Pollution Journal*, 2(2), 3-5.
- Musyahidah, S., Prasanti, N. M., Hasanah, U., & Ferdiawan, F. (2020). Tinjauan Ekonomi Islam Pada Prospek Industri Daur Ulang Sampah Plastik. *Jurnal Ilmu Ekonomi Dan Bisnis Islam*, 2 (1) , 7 4 - 8 9 .
<https://doi.org/10.24239/jiebi.v2i1.24.74-89>
- Napper, I. E., & Thompson, R. C. (2016). Release of synthetic microplastic plastic fibres from domestic washing machines: Effects of fabric type and washing conditions. *Marine Pollution Bulletin*, 112 (1 - 2) , 3 9 - 4 5 .
<https://doi.org/10.1016/j.marpolbu.2016.09.025>
- Nofendri, Y., & Haryanto, A. (2021). Perancangan Alat Pirolisis Sampah Plastik Menjadi Bahan Bakar. *Jurnal Kajian Teknik Mesin*, 6(1), 1-11.
<http://journal.uta45jakarta.ac.id/index.php/jktm/index>
- Pelita Mekar, S. (2023). *PT Pelita Mekar Semesta*.
<https://www.pelitamekarsemesta.com/public/>
- Peng, G., Zhu, B., Yang, D., Su, L., Shi, H., & Li, D. (2017). Microplastics in sediments of the Changjiang Estuary, China. *Environmental Pollution*, 225, 2 8 3 - 2 9 0 .
<https://doi.org/10.1016/j.envpol.2016.12.064>
- Rahmayanti, D., & Rosariawari, F. (2021). Penurunan Kadar Mikroplastik Pada Air Kali Wonokromo Dengan Metode Elektrokoagulasi. *Jurnal Envirotek*, 1 3 (2) , 8 6 - 9 1 .
<https://doi.org/10.33005/envirotek.v13i2.148>
- Sandra, S. W., & Radityaningrum, A. D. (2021). Kajian Kelimpahan Mikroplastik di Biota Perairan. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 19(3), 638-648.
<https://doi.org/10.14710/jil.19.3.638-648>
- SIPSN. (2022). *Capaian Kinerja Pengelolaan Sampah*.
<https://sipsn.menlhk.go.id/sipsn/>
- Suet, T., Amelia, M., Mohd, W., Wan, A., Khalik, M., Ong, M. C., & Shao, Y. T. (2021). Marine microplastics as vectors of major ocean pollutants and its hazards to the marine ecosystem and humans. *Progress in Earth and Planetary Science*, 4.
- Supriatna, I., Risjani, Y., Kurniawan, A., & Yona, D. (2023). Microplastics contaminant in Telescopium telescopium (gastropods), the keystone mangrove species and their habitat at brackish water pond, East Java, Indonesia. *Emerging Contaminants*, 9, 1 0 0 2 4 5 .
<https://doi.org/10.1016/j.emcon.2023.100245>
- Suzuki, G., Uchida, N., Tuyen, L. H., Tanaka, K., Matsukami, H., Kunisue, T., Takahashi, S., Viet, P. H., Kuramochi, H., & Osako, M. (2022). Mechanical recycling of plastic waste as a point source of microplastic pollution. *Environmental Pollution*, 3 0 3 (M a r c h) , 1 1 9 1 1 4 .
<https://doi.org/10.1016/j.envpol.2022.119114>
- Tuhumury, N. C., & Sahetapy, J. M. F. (2022). Analisis Bentuk dan Kelimpahan Mikroplastik Pada Ikan Budidaya dan Air di Perairan Teluk Ambon Analysis of Types and Abundance of Microplastics from Cultivated Fish and Water at Ambon Bay Waters. *Jurnal Grouper*, 13(1),

18-25.

Yona, D., Di Prikah, F. A., & As'adi, M. A. (2020). Identifikasi dan Perbandingan Kelimpahan Sampah Plastik Berdasarkan Ukuran pada Sedimen di Beberapa Pantai Kabupaten Pasuruan, Jawa Timur. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 18(2), 375-383. <https://doi.org/10.14710/jil.18.2.375-383>