

Identifikasi Mikroplastik pada Air Sungai Akibat Limbah Pabrik Daur Ulang Plastik di Sidoarjo dan Mojokerto

Ahmad Labib^{✉1}

¹Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim

ABSTRAK

Peningkatan penggunaan plastik menjadikan perlunya penanganan dalam pengelolaan sampah plastik salah satunya dengan melalui daur ulang. Namun, industri daur ulang plastik berpotensi menjadi sumber kontaminasi mikroplastik di sungai. Penelitian bertujuan mengidentifikasi mikroplastik pada air permukaan Kali Surabaya akibat dampak pembuangan limbah pabrik daur ulang plastik. Penelitian ini merupakan jenis penelitian eksploratif dengan pendekatan deskriptif kuantitatif. Metode pengambilan sampel dilakukan secara purposive sampling pada dua stasiun lokasi pabrik daur ulang plastik. Sampel diambil pada tiga titik pada setiap stasiun. Kelimpahan mikroplastik yang tinggi didapatkan pada limbah pabrik daur ulang plastik Sidoarjo sebesar 6,64 partikel/L dan 2,28 partikel/L pada pabrik daur ulang plastik Mojokerto. Tipe mikroplastik yang ditemukan berturut-turut dari jumlah yang terbanyak ke terkecil adalah fragmen, filamen, dan fiber. Kontaminasi mikroplastik disebabkan oleh pembuangan limbah pencucian dan pendinginan dalam proses daur ulang. Diperlukan pengelolaan limbah cair dari kegiatan usaha daur ulang untuk mengurangi pelepasan mikroplastik ke lingkungan.

Kata kunci: Daur Ulang, Limbah, Mikroplastik, Mojokerto, Sidoarjo

Microplastic Identification on River Water due to Plastic Recycling Waste in Sidoarjo and Mojokerto

ABSTRACT

The high plastic usage in worldwide makes it necessary to handle plastic waste management, one of which is through recycling. However, the plastic recycling industry has the potential to be a source of microplastic contamination in rivers. The aim of this study was to identify microplastics in Surabaya River surface water due to the impact of plastic recycling plant waste disposal. This Research is a type of exploratory research with quantitative descriptive approach. The purposive sampling method was carried out at two stations of the plastic recycling plant location. Samples were taken at three points at each station. High microplastic abundance was found in Sidoarjo plastic recycling plant waste at 6.64 particles/L and 2.28 particles/L in Mojokerto plastic recycling plant. The microplastics types found were fragments, filaments, and fibers. Microplastic contamination is caused by the discharge of washing and cooling wastes in the recycling process. Effluent management from recycling operations is needed to reduce the release of microplastics into the environment.

Keywords: Recycling, Waste, Microplastic, Mojokerto, Sidoarjo

PENDAHULUAN

Plastik didefinisikan sebagai polimer sintesis yang banyak digunakan untuk produk komersial dan diproduksi dengan bahan tambahan seperti filter, stabilisator, zat warna, dan isolator api (Hahladakis et al., 2018). Keunggulan dari penggunaan

plastik antara lain multifungsi, dapat diproduksi dalam berbagai bentuk serta memiliki biaya produksi yang rendah (Vimal et al., 2020). Peningkatan jumlah produksi plastik sejak 1970 membuat banyak negara maju dan berkembang me-

[✉] Corresponding author
Address : Malang, Jawa Timur
Email : labonul@gmail.com

ngalami permasalahan peningkatan jumlah sampah plastik (Ritchie & Roser, 2020). Data UNEP(2018) menunjukkan nilai sebanyak 50% dari total berat keseluruhan sampah global berupa sampah plastik.

Sebanyak 90% dari total sampah plastik merupakan jenis plastik sekali pakai dan didominasi oleh produk kemasan makanan (Ritchie & Roser, 2020). Penelitian Geyer et al., (2017) menunjukkan bahwa sebanyak 9% sampah plastik telah didaur ulang, 12% dibakar dengan insenerator, dan sebanyak 79% telah terakumulasi di lingkungan alami. Menurut data KLHK (2022), potensi jumlah sampah plastik yang tidak terpilah sebanyak 12,87 juta ton/tahun atau sebanyak 18,60% dari total 69,2 juta ton timbulan sampah di Indonesia Tahun 2022.

Salah satu penanganan yang dilakukan dalam penanganan sampah plastik merupakan proses pendaur-ulangan sampah plastik. Proses daur ulang sampah plastik mengelola bahan mentah berupa sampah plastik untuk diubah menjadi bahan baku plastik untuk industri produksi plastik melalui proses penggilingan, pencucian, pembauran, dan pendinginan (Altieri et al., 2021). Air yang digunakan dalam proses pencucian terbuang ke lingkungan dan berpotensi melepaskan partikel plastik dan mikroplastik. Hal tersebut menimbulkan pernyataan bahwasanya industri daur ulang plastik bukan menjadi solusi prioritas dalam mendukung ekonomi sirkular dikarenakan menjadi salah satu sumber kontaminasi plastik ke lingkungan (Brown et al., 2023).

Mikroplastik merupakan partikel plastik yang terdegradasi menjadi partikel berukuran tidak lebih dari 5 mm (Conkle et al., 2018; Fournier et al., 2021). Mikroplastik terbentuk dari plastik yang masuk ke lingkungan dan mengalami fragmentasi serta pemecahan yang disebabkan tekanan dari lingkungan atau faktor alami (Andrady, 2017). Mikroplastik yang masuk ke ekosistem perairan tawar dapat bersumber dari pe-

ngolahan air limbah, lahan pertanian, irigasi, pembuangan industri, dan limbah domestik pemukiman (Conley et al., 2019). Talbot et al., (2022) menyebutkan bahwa kontaminasi mikroplastik pada perairan sungai berperan sebagai transportasi jalur penyebaran mikroplastik hingga sampai mengkontaminasi perairan laut. Tutupan lahan dan area yang berdekatan dengan aktivitas antropogenik manusia menjadi sumber utama dari kontaminasi mikroplastik di perairan tawar (Grbić et al., 2020).

Kontaminasi mikroplastik pada perairan seperti dapat berpotensi merusak kualitas perairan sendiri maupun mengganggu kelangsungan hidup organisme (Choi et al., 2018). Penelitian Pedà et al., (2016) menunjukkan dampak negatif paparan mikroplastik terhadap sistem hormon ikan yang mengakibatkan menurunnya kemampuan reproduksi dari ikan. Mikroplastik yang tercerna pada tubuh ikan juga mengakibatkan pemendekan usus dan perubahan inflamasi (Jabeen et al., 2018). Mikroplastik masuk ke tubuh manusia dapat melalui konsumsi makanan, pernafasan ataupun kontak kulit langsung (Bergmann et al., 2015). Mikroplastik diketahui telah menjadi vektor pembawa polutan diantaranya logam berat, bahan kimia berbahaya, dan bakteri patogen yang dapat terbawa masuk ke dalam tubuh manusia. Dampak dari hal tersebut berupa gangguan pada homeostasis usus, kalenjar dan inflamasi pada epitel usus (Fournier et al., 2021).

Sektor industri pengolahan merupakan *leading sector* dalam kontribusi menghasilkan PDRB Jawa Timur mencapai 29.29% (Junari et al., 2020). Namun, hal tersebut tidak diimbangi dengan pengelolaan limbah yang dapat memberikan dampak negatif ke lingkungan, khususnya kali Surabaya yang mengalir di beberapa wilayah di Jawa Timur. Hal ini dibuktikan dengan penelitian Indriani et al., (2016) bahwasanya kondisi Kali Surabaya telah mendapat beban pencemaran melebihi baku mutu pemerintah. Salah satu industri

yang menyumbang beban pencemaran lingkungan di Jawa Timur adalah industri pengolahan plastik, menurut penelitian Ibrahim & Muzayanah, (2019) industri daur ulang plastik melakukan pembuangan limbah cair ke badan air sungai hasil pencucian bahan produksi. Kali Surabaya yang membentang 42 Km telah dimanfaatkan 2,7 juta jiwa penduduk sebagai air minum dengan jumlah 300 juta m³/tahun (Indriani et al., 2016), sehingga diperlukan penelitian terkait dampak industri daur ulang plastik sebagai salah satu sumber pencemaran Kali Surabaya dari sektor industri.

Industri daur ulang plastik di wilayah Jawa Timur khususnya Sidoarjo dan Mojokerto menggunakan bahan baku yang berasal dari limbah plastik lokal, kemasan reject dari industri lain, dan sampah impor. Hasil daur ulang plastik dapat berupa produk barang rumah tangga seperti ember dan gayung ataupun kantong plastik. Selain itu, hasil daur ulang juga dapat berupa biji plastik untuk bahan produksi industri plastik.

Industri daur ulang plastik selain menyumbang pencemaran limbah cair juga memiliki potensi sebagai sumber kontaminasi mikroplastik di sungai. Penelitian Kallenbach et al., (2022) memiliki hasil kontaminasi mikroplastik pada sedimen area hilir pembuangan limbah daur ulang plastik sebesar 2,124 partikel/m² atau 0,46 partikel/g sedimen. Mikroplastik juga ditemukan pada air bekas pencucian pada proses daur ulang yang tidak disaring mengandung mikroplastik sebesar 5,97 x 10⁶ partikel/m³ (Brown et al., 2023). Selain itu, penelitian 'Li et al. (2020) juga menemukan mikroplastik pada habitat perairan di wilayah produksi plastik sebesar 0,4-20,5 partikel/L pada air permukaan, 44,4-124,7 partikel/kg pada sedimen, dan 0,2 partikel/individu pada pencernaan ikan.

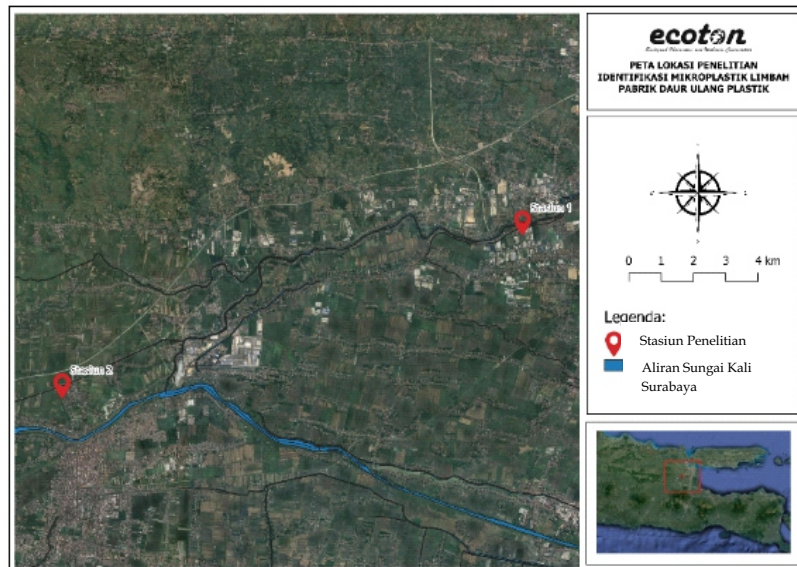
Berdasarkan kajian diatas pabrik daur ulang plastik yang berada di daerah aliran Kali Surabaya khususnya wilayah Sidoarjo dan Mojokerto menjadi sumber pelepasan mikroplastik ke Kali Surabaya.

Pabrik daur ulang plastik tersebut memiliki letak pembuangan limbah bekas pendinginan plastik ke area bantaran sungai Kali Surabaya. Hal tersebut dapat dikatakan bertentangan dengan Peraturan Menteri PUPR NO. 28/PRT/M/2015 bahwasanya terdapat larangan pendirian bangunan dan mengurangi dimensi tanggul pada area sempadan sungai dengan jarak 100 meter dari bibir sungai. Ditemukan partikel kecil potongan plastik pada area pembuangan limbah tersebut sehingga dapat berpotensi mengkontaminasi perairan Kali Surabaya. Kontaminasi mikroplastik dikhawatirkan dapat mengganggu kelangsungan hidup biota perairan dan berpotensi mengkontaminasi manusia melalui pemanfaatan Kali Surabaya sebagai air minum dan kebutuhan rumah tangga. Penelitian ini memiliki tujuan untuk mengetahui kontaminasi mikroplastik pada air sungai akibat pembuangan limbah pabrik daur ulang plastik di Sidoarjo dan Mojokerto.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan jenis penelitian eksploratif dengan pendekatan deskriptif kuantitatif. Metode eksplorasi dilakukan dengan pengambilan sampel pada dua stasiun penelitian yang berbeda secara langsung dan deskriptif kuantitatif digunakan untuk mendeskripsikan variabel dalam penelitian ini berupa kelimpahan mikroplastik akibat dampak pembuangan limbah pabrik daur ulang plastik. Metode *purposive sampling* dilakukan dengan menentukan titik lokasi pengambilan sampel berdasarkan perbedaan karakteristik masing-masing stasiun.

Penelitian ini dilaksanakan bertempat pada dua lokasi stasiun pabrik daur ulang plastik. Stasiun pertama terletak di Kecamatan Balong Bendo Kabupaten Sidoarjo, sedangkan stasiun kedua terletak di Kecamatan Gedeg Kabupaten Mojokerto. Sampel diambil pada 2 stasiun (**Gambar 1**) pabrik daur ulang plastik dengan tiga titik pengambil-



Sumber: Data Primer Diolah, (2023)

Gambar 1
Peta Lokasi Pengambilan Sampel

an sampel pada masing masing stasiun. Pengambilan sampel dilakukan pada titik sungai sebelum outlet, tepat pada outlet dan setelah outlet dengan dibuat garis transek sepanjang 75 m, dengan jarak masing-masing transek adalah 25 m. Lokasi stasiun penelitian merupakan outlet pembuangan limbah cair dari pabrik daur ulang plastik yang terbuang di Kali Surabaya.

Prosedur Penelitian

Sampel yang diambil merupakan air permukaan sebanyak 100 L yang disaring menggunakan MyisticScan berupa alat modifikasi dari plankton yang telah terpasang filter aluminium 300 mesh. Partikel yang menempel pada filter aluminium kemudian dilakukan preparasi di laboratorium menggunakan acuan NOAA(2015). Partikel diturunkan dari filter menggunakan aquades ke dalam botol kaca. Kemudian diberikan larutan H₂O₂ 30 % sebanyak 20ml dan ditambahkan Fe (II) 0,05 M sebanyak 5 ml, selanjutnya dilakukan inkubasi selama 24 jam. Tahapan selanjutnya merupakan pemanasan menggunakan *hotplate* selama 30 menit dengan suhu 70°C. Selanjutnya sampel disaring untuk kedua kalinya menggunakan filter aluminium 300 mesh dan dibilas menggunakan NaCl untuk ditampung ke dalam cawan petri.

Tahapan selanjutnya merupakan identifikasi mikroplastik pada sampel yang sudah dipreparasi. Ukuran mikroplastik yang dapat diidentifikasi menggunakan metode preparasi yang digunakan adalah 0.3 – 5 mm. Identifikasi dilakukan dengan menggunakan mikroskop binokuler dengan perbesaran 40x berupa pengamatan visual terhadap bentuk, tipe, dan jumlah partikel mikroplastik. Mikroplastik yang ditemukan didokumentasikan dan dihitung berdasarkan tipe nya untuk dilakukan analisis data.

Analisis Data

Data jumlah partikel mikroplastik dihitung menggunakan rumus kelimpahan mikroplastik berdasarkan Fan et al., (2021):

$$N = \frac{n}{v} \quad (1)$$

Dimana N merupakan kelimpahan mikroplastik (ind/L), n merupakan jumlah partikel mikroplastik yang ditemukan, dan v (L) merupakan jumlah air yang disaring.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Gambaran Umum Lokasi Penelitian

Stasiun penelitian merupakan lokasi pembuangan limbah industri daur ulang plastik pada Kali Surabaya Limbah industri dibuang pada bantaran sungai

Kali Surabaya dan berpotensi masuk ke badan air sungai. Kondisi bantaran sungai pada stasiun pertama terdapat potongan fragmen kecil plastik akibat pembuangan limbah. Industri daur ulang plastik pada stasiun pertama memproduksi plastik dalam bentuk barang rumah tangga seperti ember, gayung, dan kursi plastik. Jenis plastik yang didaur ulang merupakan botol kemasan minuman dari berbagai jenis warna dan ukuran. Limbah cair yang dibuang merupakan air bekas pencucian dan pendinginan bahan plastik sebelum proses peleburan.

Industri daur ulang plastik pada stasiun kedua melakukan daur ulang plastik jenis sachet berupa kemasan *rejected* dari industri lain. Hasil produksi industri pada stasiun kedua merupakan bahan baku pembuatan plastik yaitu biji plastik. Limbah yang terbuang pada stasiun pertama merupakan air pendinginan setelah proses peleburan plastik sebelum masuk ke proses penggilingan menjadi biji plastik. Hasil observasi di lapangan menunjukkan tidak adanya proses filtrasi terhadap air limbah yang akan di buang di sungai. Limbah yang terbuang di bantaran sungai dapat berpotensi masuk ke badan air apabila terkena hujan. Selain itu, terdapat tumpukan bahan baku berupa potongan plastik yang dibiarkan pada area bantaran sungai.

Kelimpahan Mikroplastik

Hasil perhitungan kelimpahan mikroplastik menunjukkan stasiun pertama memiliki nilai kelimpahan mikroplastik lebih tinggi (**Gambar 2**) yaitu 6.64 partikel/L, sedangkan pada stasiun kedua kelimpahan mikroplastik sebesar 2.28 partikel/L. Perbedaan kelimpahan diduga disebabkan oleh perbedaan karakteristik jenis limbah yang dibuang serta perbedaan proses pengolahan plastik. Menurut Li et al., (2020), aktivitas produksi jenis plastik dan proses produksi dapat berpengaruh terhadap keberadaan mikroplastik yang terbuang di lingkungan. Mikroplastik yang terakumulasi pada air permukaan sungai merupakan dampak dari kontaminasi air

limbah yang dibuang pada area bantaran sungai. Penelitian yang dilakukan Wagner et al., (2014) menunjukkan bahwa partikel mikroplastik yang terakumulasi di tanah dapat dengan mudah terbawa ke lingkungan perairan melalui proses alami akibat air hujan atau *run off* ke permukaan.

Limbah cair yang dibuang pada stasiun 1 ke bantaran sungai bercampur dengan potongan fragmen plastik. Limbah tersebut merupakan air bekas pencucian dan pendinginan plastik berbahan keras, sehingga berpotensi melepaskan potongan plastik melalui pembuangan limbah cair. Limbah cair yang dibuang pada stasiun 2 hanya berupa aliran air bekas pendinginan plastik yang dilelehkan. Air limbah pendinginan cenderung lebih sedikit melepaskan partikel potongan plastik, hal ini dikarenakan plastik yang didaur ulang merupakan plastik sachet. Namun, potongan film sachet masih dapat terlepas ke badan air melalui udara akibat proses penggilingan.

Tingginya kelimpahan mikroplastik akibat pembuangan limbah industri daur ulang plastik disebabkan penggunaan volume air yang tinggi dalam proses pencucian dan pendinginan plastik. Bahan baku plastik seringkali mengandung residu bahan organik sehingga perlu dilakukan tahap pencucian sebelum menuju proses daur ulang selanjutnya. Menurut Altieri et al., (2021), tahapan pencucian membutuhkan setidaknya 3,48 kg air pada setiap plastik jenis PET pada proses daur ulang secara mekanis. Industri daur ulang konvensional menghasilkan air limbah yang sangat tercemar berupa konsentrasi lumpur dalam jumlah besar. Selain itu, berdasarkan temuan di lapangan lumpur limbah daur ulang juga mengandung partikel plastik berukuran kurang dari 5 cm. Dampak negatif dari limbah tersebut selain membebani lingkungan juga menjadi beban ekonomi serta masalah kesehatan (González-Soto et al., 2022).

Mikroplastik pada air permukaan memiliki konsentrasi yang dinamis dan di-



Sumber: Data Primer Diolah, (2023)

Gambar 2
Grafik Kelimpahan Mikroplastik pada Kedua Stasiun

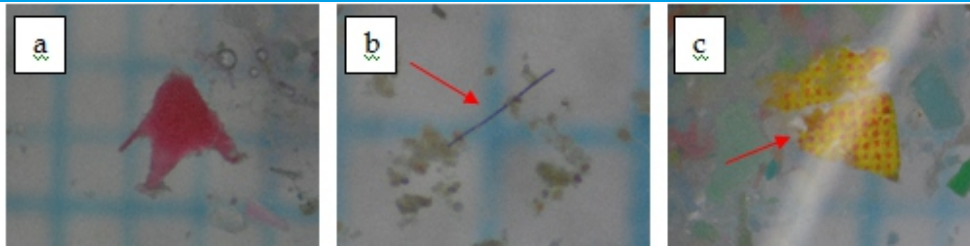
pengaruhi oleh pola aliran air, curah hujan, musim, dan titik yang berdekatan dengan pembuangan limbah (Browne, 2015). Secara limnologis, kelimpahan mikroplastik pada air permukaan tidak dapat menunjukkan tingkat kelimpahan yang sama pada tingkat kedalaman perairan yang berbeda. Penelitian Song et al., (2018), menunjukkan nilai kelimpahan mikroplastik 6 kali lebih tinggi pada permukaan dibandingkan dengan pada kolom air kedalaman.

Menurut Davignon et al., (2022), ekosistem perairan lentik memiliki konsentrasi mikroplastik permukaan lebih tinggi dibandingkan ekosistem lotik. Konsentrasi tersebut dipengaruhi oleh kondisi geografis area sampling, salinitas, dan suhu air yang dapat mempengaruhi kolonisasi biofilm mikroplastik (Kaiser et al., 2017). Kelimpahan mikroplastik pada perairan sungai memiliki dampak biologis dan berpengaruh terhadap proses fisiokimiawi organisme, komunitas, dan ekosistem perairan sungai (Davignon et al., 2022). Stress oksidatif akibat paparan mikroplastik akan menstimulasi sintesis mikroista pada cyanobakteria, sehingga mendorong *blooming alga* beracun --(Feng et al., 2020). Penelitian Besseling et al., (2014) menunjukkan penurunan populasi kandungan klorofil, dan kemampuan fotosintesis dari alga air tawar akibat paparan dosis tinggi nanoplastik. Hal ini

dapat sangat berpengaruh terhadap kualitas perairan sungai melalui paparan pada tingkat produsen, sehingga dapat berpengaruh terhadap pertumbuhan, perkembangan, dan reproduksi organisme perairan lainnya.

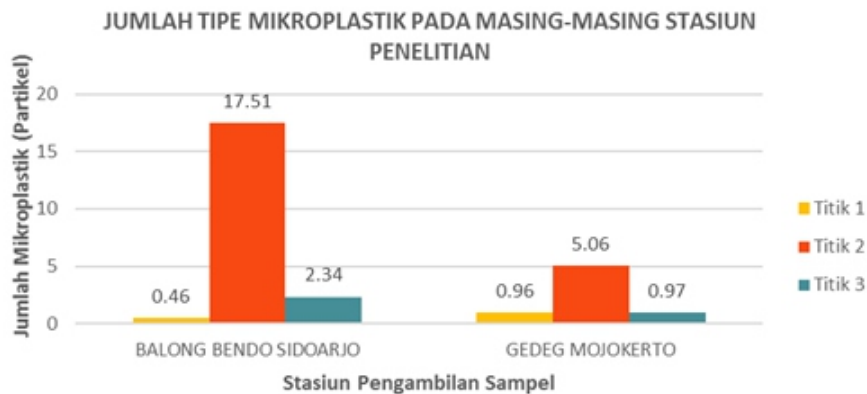
Tipe Mikroplastik

Tipe mikroplastik yang ditemukan pada air permukaan limbah daur ulang plastik adalah tipe fragmen (**Gambar 3a**), fiber (**Gambar 3b**) dan filament (**Gambar 3b**). Tipe mikroplastik yang terbanyak ditemukan pada kedua stasiun adalah tipe fragmen dengan jumlah 1824 partikel pada stasiun 1 dan 366 partikel pada stasiun 2 (**Gambar 4**). Penyebab banyak ditemukannya tipe fragmen diduga akibat proses pengolahan plastik yang menghasilkan dan mengolah plastik berbentuk potongan padat sehingga memicu banyak pelepasan partikel mikroplastik fragmen. Penelitian Brown et al., (2023) menunjukkan hasil yang sama yaitu fragmen merupakan tipe yang paling mendominasi pada limbah daur ulang plastik. Stasiun daur ulang pertama melakukan proses daur ulang menggunakan bahan botol kemasan minuman untuk memproduksi perabot rumah tangga. Hal tersebut diperkuat dengan kondisi di area bantaran sungai terdapat potongan plastik berukuran <10cm. Tipe fragmen pada stasiun daur ulang kedua berasal dari potongan lelehan



Sumber: Data Penelitian Diolah, (2023)

Gambar 3
Tipe Mikroplastik: (a) Fragmen; (b) Fiber; (c) Filamen



Sumber: Data Primer Diolah, (2023)

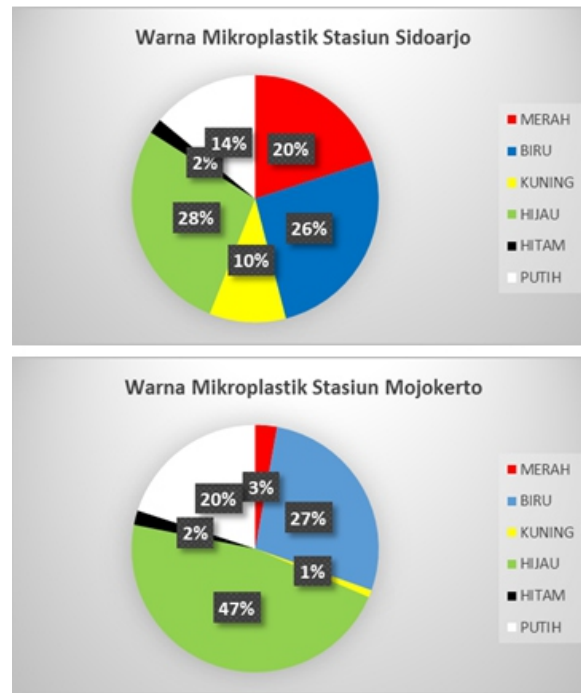
Gambar 4
Grafik Jumlah Tipe Mikroplastik yang Ditemukan

plastik yang terlepas pada air yang digunakan untuk pendinginan dan terbuang ke badan air sungai.

Tipe mikroplastik yang dominan ditemukan pada limbah daur ulang plastik dipengaruhi oleh jenis plastik yang diolah. Penelitian Kallenbach et al., (2022) menunjukkan dominasi polimer plastik *polyethylene* pada limbah daur ulang plastik bekas aktivitas pertanian yaitu *polyethylene film*. Hal ini sesuai dengan temuan dominasi tipe pada stasiun pertama yaitu pengolahan barang rumah yang didominasi plastik jenis PVC atau PP sehingga melepaskan partikel fragmen dalam jumlah besar pada proses pencucian bahan baku yang akan diolah maupun pelepasan partikel dari proses pendinginan. Kondisi yang berbeda ditemukan pada stasiun 2 yaitu dominasi tipe fragmen dengan jenis plastik yang didaur ulang adalah kemasan sachet. Dominasi tipe fragmen pada stasiun 2 diduga berasal dari potongan lelehan plastik yang telah mengeras. Menurut Sugandi et al., (2021), mikroplastik jenis

fragmen dapat berasal dari degradasi bahan keras seperti botol plastik.

Tipe mikroplastik fiber dan filamen ditemukan dengan jumlah lebih banyak pada stasiun 2 dibandingkan stasiun 1. Sekitar area stasiun 1 terdapat aktivitas penyebrangan tambangan, sehingga menimbulkan potensi terlepasnya mikroplastik tipe fiber. Tipe filamen diduga merupakan hasil fragmentasi kantong plastik yang diduga berasal dari aktivitas penyebrangan. Penyebab jumlah tipe fiber dan filamen di stasiun 2 dikarenakan potongan yang terlepas dari proses penggilingan serta ditemukan limbah tumpukan potongan sachet di area sempadan sungai. Selain itu, terdapat timbunan sampah pada area sebrang titik pembuangan limbah daur ulang yang diduga menyebabkan tingginya akumulasi fiber dan filamen di stasiun 2. Menurut Amin et al., (2020) mikroplastik fiber bersumber dari potongan tali tambang dan tali pancing, sedangkan tipe filamen dapat berasal dari kantong plastik atau plastik dengan densitas rendah.



Sumber: Data Primer Diolah, (2023)

Gambar 5
Presentase Warna Mikroplastik yang Ditemukan

Warna Mikroplastik

Mikroplastik yang ditemukan pada kedua stasiun memiliki warna biru, kuning, putih, merah, hijau dan hitam. Perbedaan warna mikroplastik pada perairan dipengaruhi oleh asal bentuk plastik yang terfragmentasi karena aktivitas antropogenik manusia (Dekiff et al., 2014). Dominasi warna mikroplastik pada kedua stasiun adalah warna hijau yaitu sebanyak 28% pada stasiun 1 dan 49% pada stasiun 2 (**Gambar 5**). Tingginya dominasi warna hijau mikroplastik pada stasiun 2 disebabkan pada saat dilakukan pengambilan sampel, warna biji plastik yang diproduksi adalah warna hijau, sehingga mempengaruhi terlepasnya partikel mikroplastik berwarna hijau ke lingkungan. Dominasi partikel berwarna disebabkan lokasi pengambilan sampel masih dalam area *outlet* pembuangan limbah, sehingga mikroplastik yang ditemukan belum mengalami degradasi perubahan warna oleh pengaruh lingkungan. Menurut Hiwari et al., (2019), warna bening atau putih pada mikroplastik menunjukkan jangka waktu partikel tersebut mengalami fotodegradasi oleh sinar UV.

Penelitian Fisner et al. (2017) menunjukkan bahwa mikroplastik dengan warna lebih cerah mengandung senyawa polutan berupa PAH dengan konsentrasi lebih rendah dibandingkan mikroplastik dengan warna lebih gelap. Selain itu, mikroplastik yang memiliki densitas lebih tinggi cenderung mengandung senyawa polutan yang lebih rendah berupa PAH, PCB, dan Phenanthrene (Fries & Zarfl, 2012). Hal tersebut dapat menjadi dorongan untuk penelitian lebih lanjut terkait struktur kimia dan pigmen warna yang digunakan pada plastik agar lebih ramah lingkungan (Ma et al., 2020).

SIMPULAN

Kelimpahan mikroplastik yang ditemukan pada pabrik daur ulang sebesar 6,64 partikel/L untuk stasiun Balong Bendo Sidoarjo dan 2,28 partikel/L untuk stasiun Gedeg Mojokerto. Tipe mikroplastik yang ditemukan dari jumlah yang terbanyak dan terkecil adalah fragmen, fiber, kemudian filamen. Diperlukan pengelolaan limbah cair yang di buang ke perairan dari aktivitas industri daur ulang berupa proses filterisasi untuk meminimalisir kontaminasi partikel mi-

kroplastik ke lingkungan.

DAFTAR PUSTAKA

- 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 (May 2020), 112011. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.112011>
- Amin, B., Galib, M., & Setiawan, F. (2020). Preliminary Investigation on the Type and Distribution of Microplastics in the West Coast of Karimun Besar Island. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 430(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/430/1/012011>
- Andrady, A. L. (2017). The plastic in microplastics: A review. *Marine Pollution Bulletin*, 119(1), 12–22. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.01.082>
- Bergmann, M., Gutow, L., & Klages, M. (2015). Marine anthropogenic litter. *Marine Anthropogenic Litter*, 1–447. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-16510-3>
- Besseling, E., Wang, B., Lürling, M., & Koelmans, A. A. (2014). Nanoplastic affects growth of *S. obliquus* and reproduction of *D. magna*. *Environmental Science and Technology*, 48(20), 12336–12343. <https://doi.org/10.1021/es503001d>
- 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(November 2022), 100309. <https://doi.org/10.1016/j.hazadv.2023.100309>
- Browne, M. A. (2015). Sources and Pathways of Microplastics to Habitats. *Marine Anthropogenic Litter*, 229–242. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-16510-3>
- Choi, J. S., Jung, Y. J., Hong, N. H., Hong, S. H., & Park, J. W. (2018). Toxicological effects of irregularly shaped and spherical microplastics in a marine teleost, the sheephead minnow (*Cyprinodon variegatus*). *Marine Pollution Bulletin*, 129(1), 231–240. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.02.039>
- Conkle, J. L., Báez Del Valle, C. D., & Turner, J. W. (2018). Are We Underestimating Microplastic Contamination in Aquatic Environments? *Environmental Management*, 61(1), 1–8. <https://doi.org/10.1007/s00267-017-0947-8>
- Conley, K., Clum, A., Deepe, J., Lane, H., & Beckingham, B. (2019). Wastewater treatment plants as a source of microplastics to an urban estuary: Removal efficiencies and loading per capita over one year. *Water Research X*, 3, <https://doi.org/10.1016/j.wroa.2019.100030>
- D'avignon, G., Gregory-Eaves, I., & Ricciardi, A. (2022). Microplastics in lakes and rivers: an issue of emerging significance to limnology. *Environmental Reviews*, 30(2), 228–244. <https://doi.org/10.1139/er-2021-0048>
- Dekiff, J. H., Remy, D., Klasmeier, J., & Fries, E. (2014). Occurrence and spatial distribution of microplastics in sediments from Norderney. *Environmental Pollution*, 186, 248–256. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2013.11.019>
- Fan, J., Zou, L., & Zhao, G. (2021). Microplastic abundance, distribution, and composition in the surface water and sediments of the Yangtze River along Chongqing City, China. *Journal of Soils and Sediments*, 21, 1840–1851. <https://doi.org/10.1007/s11368-021-02902-5> / Published
- Feng, Z., Zhang, T., Shi, H., Gao, K., Huang, W., Xu, J., Wang, J., Wang, R., Li, J., & Gao, G. (2020). Microplastics in bloom-forming macroalgae: Distribution, characteristics and impacts. *Journal of Hazardous Materials*,

- 397(February).<https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2020.122752>
- Fisner, M., Majer, A., Taniguchi, S., Bicego, M., Turra, A., & Gorman, D. (2017). Colour spectrum and resin-type determine the concentration and composition of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) in plastic pellets. *Marine Pollution Bulletin*, 122(1-2), 323-330. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.06.072>
- Fournier, E., Etienne-Mesmin, L., Grootaert, C., Jelsbak, L., Syberg, K., Blanquet-Diot, S., & Mercier-Bonin, M. (2021). Microplastics in the human digestive environment: A focus on the potential and challenges facing in vitro gut model development. *Journal of Hazardous Materials*, 415(December 2020), 125632. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2021.125632>
- Fries, E., & Zarfl, C. (2012). Sorption of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) to low and high density polyethylene (PE). *Environmental Science and Pollution Research*, 19(4), 1296-1304. <https://doi.org/10.1007/s11356-011-0655-5>
- Geyer, R., Jambeck, J. R., & Law, K. L. (2017). Production, use, and fate of all plastics ever made. *Science Advances*, 3(7), 25-29. <https://doi.org/10.1126/sciadv.1700782>
- González-Soto, N., Campos, L., Navarro, E., Bilbao, E., Guilhermino, L., & Cajaraville, M. P. (2022). Effects of microplastics alone or with sorbed oil compounds from the water accommodated fraction of a North Sea crude oil on marine mussels (*Mytilus galloprovincialis*). *Science of the Total Environment*, 851(May), 157999. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.157999>
- Grbić, J., Helm, P., Athey, S., & Rochman, C. M. (2020). Microplastics entering northwestern Lake Ontario are diverse and linked to urban sources. *Water Research*, 174. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2020.115623>
- Hahladakis, J. N., Velis, C. A., Weber, R., Iacovidou, E., & Purnell, P. (2018). An overview of chemical additives present in plastics: Migration, release, fate and environmental impact during their use, disposal and recycling. *Journal of Hazardous Materials*, 344, 179-199. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2017.10.014>
- 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, D. B., & Muzayanah. (2019). Dampak Limbah Industri Pengolahan Sampah Plastik Terhadap Kualitas Air Sungai Di Desa Kejagan Kecamatan Trowulan Kabupaten Mojokerto. *Swara Bumi*, 2(1).
- Indriani, V. S., Hadi, W., & Masduqi, A. (2016). Identifikasi Daya Tampung Beban Pencemaran Air Kali Surabaya Segmen Jembatan Canggung-Tambangan Bambi dengan Pemodelan QUAL2Kw. *Jurnal Teknik ITS*, 5(2). <https://doi.org/10.12962/j23373539.v5i2.17865>
- Jabeen, K., Li, B., Chen, Q., Su, L., Wu, C., Hollert, H., & Shi, H. (2018). Effects of virgin microplastics on goldfish (*Carassius auratus*). *Chemosphere*, 213, 323-332. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2018.09.031>
- Junari, T., Rustiadi, E., & Mulatsih, S. (2020). Identifikasi Sektor Industri Pengolahan Unggulan Propinsi Jawa Timur (Analisis Input Output). *Tataloka*, 22(3), 308-320. <https://doi.org/10.14710/tataloka.22.3.308-320>

- Kaiser, D., Kowalski, N., & Waniek, J. J. (2017). Effects of Biofouling on the Sinking Behavior of Microplastics in Aquatic Environments. *Handbook of Microplastics in the Environment*, 12, 563–575. https://doi.org/10.1007/978-3-030-39041-9_12
- 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>
- KLHK. (2022). *Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional*. <https://sipsn.menlhk.go.id/sipsn/>
- 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). <https://doi.org/10.1186/s12302-020-0297-7>
- Ma, H., Pu, S., Liu, S., Bai, Y., Mandal, S., & Xing, B. (2020). Microplastics in aquatic environments: Toxicity to trigger ecological consequences. *Environmental Pollution*, 261, 114089. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.114089>
- NOAA, M. D. P. (2015). *Laboratory Methods for the Analysis of Microplastics in the Marine Environment: Recommendations for quantifying synthetic particles in waters and sediments*.
- Pedà, C., Caccamo, L., Fossi, M. C., Gai, F., Andaloro, F., Genovese, L., Perdichizzi, A., Romeo, T., & Maricchiolo, G. (2016). Intestinal alterations in European sea bass *Dicentrarchus labrax* (Linnaeus, 1758) exposed to microplastics: Preliminary results. *Environmental Pollution*, 212, 251–256. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2016.01.083>
- Ritchie, H., & Roser, M. (2020). *Plastic Pollution. Our World in Data*. <https://ourworldindata.org/plastic-pollution>
- Song, Y. K., Hong, S. H., Eo, S., Jang, M., Han, G. M., Isobe, A., & Shim, W. J. (2018). Horizontal and Vertical Distribution of Microplastics in Korean Coastal Waters. *Environmental Science and Technology*, 52(21), 12188–12197. <https://doi.org/10.1021/acs.est.8b04032>
- 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>
- Talbot, R., Granek, E., Chang, H., Wood, R., & Brander, S. (2022). Spatial and temporal variations of microplastic concentrations in Portland's freshwater ecosystems. *Science of the Total Environment*, 833(April), 155143. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.155143>
- UNEP. (2018). *Plastic Pollution*. <https://www.unep.org/plastic-pollution>
- Vimal, K. E. K., Mathiyazhagan, K., Agarwal, V., Luthra, S., & Sivakumar, K. (2020). Analysis of barriers that impede the elimination of single-use plastic in developing economy context. *Journal of Cleaner Production*, 272, 122629. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.122629>
- Wagner, M., Scherer, C., Alvarez-Munoz, D., Brenholt, N., Bourrain, X., Buchinger, S., Fries, E., Grosbois, C., Klasmeier, J., Marti, T., Rodriguez-Mozaz, S., Urbatzka, R., Vethaak, A. D., Winther-Nielsen, M., & Reifferscheid, G. (2014). Microplastics in freshwater ecosystems: what we know and what we need to know. *Environmental Sciences Europe*, 26(12), 1–9. [https://doi.org/10.1016/0163-8343\(83\)90040-3](https://doi.org/10.1016/0163-8343(83)90040-3)