

**DAFTAR PUSTAKA**

- Andrady L. A., 2011. Microplastics in the marine environment. *Marine Pollution Bulletin* 62, 1596–1605.
- Barnes, D. K. A., Galgani, F., Thompson, R. C., & Barlaz, M. (2009). Accumulation and fragmentation of plastic debris in global environments. *Phil. Trans. R. Soc. B*, 364, 1985–1998.
- Brien, S., 2007. Vinyls Industry Update. Presentation at the World Vinyl Forum 2007, Sept. 2007. Retrieved from <http://vinyl-institute.com/Publication/WorldVinylForumIII/VinylIndustryUpdate.aspx>.
- Browne, M. A., A. Dissanayake, T. S. Galloway, D. M. Lowe, & R. C. Thompson. 2008. Ingested microscopic plastic translocates to the circulatory system of the mussel, *Mytilus edulis* (L). *Environmental Science & Technology* 42:5026–5031.
- Browne, M. A., Crump, P., Niven, S.J., Teuten, E., Tonkin, A., Galloway, T., & Thompson, R., 2011. Accumulation of microplastic on shorelines worldwide: sources and sinks. *Environ. Sci. Technol.* 45 (21), 9175-9179.
- Carr, S. A., Jin, L., Arnold, G. T. 2016. Transport and Fate of Microplastic Particles in Wastewater Treatment Plants. *Water Research xxx*: 1-9
- Castañeda, R. A., S. Avlijas, M. A. Simard, and A. Ricciardi. 2014. Microplastic pollution in St. Lawrence River sediments. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 71:1767–1771.
- Claessens, M., Meester, S. D., Landuyt, L. V., Clerck, K. D., & Janssen, C. R. 2011. Occurrence and Distribution of Microplastic in Marine Sediments Along The Belgian Coast. *Marine Pollution Bulletin*, Vol.62: 2199-2204.
- Cole, M., Lindeque, P., Halsband, C., & Galloway, T. S., 2011. Microplastic as Contaminants in the Marine Environment: A Review. *Marine Pollution Bulletin* 62: 2588–2597
- Cordova, M. R. and A'an, J. W., 2016. Microplastic in the Deep-Sea Sediment of Southwestern Sumatera Waters. *Mar. Res. Indonesia* Vol.41, No.1, 2016: 27–35
- Derraik, J. G. B. (2002). The pollution of the marine environment by plastic debris: a review. *Marine Pollution Bulletin* 44: 842–852.

dilakukan untuk mengetahui persebaran serta sumber mikroplastik di Kali Surabaya khususnya pada segmen Kecamatan Driyorejo.

2. Penelitian lanjutan dengan menggunakan metode FTIR (*Fourier Transform Infra Red*) perlu dilakukan untuk mengetahui jenis polimer dari mikroplastik.

## BAB V

### SIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Simpulan

Simpulan dari penelitian ini adalah:

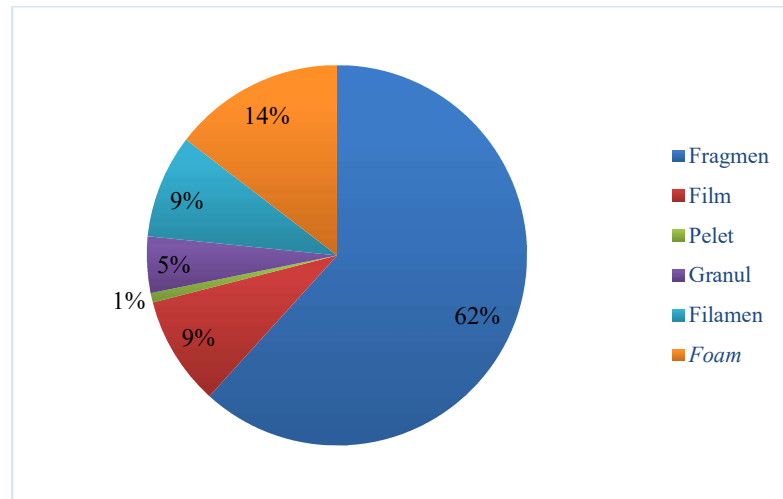
1. Komposisi mikroplastik yang ditemukan di Kali Surabaya segmen Kecamatan Driyorejo terdiri atas fragmen, film, pelet, granul, filamen, dan *foam*.
2. Kelimpahan mikroplastik di Kali Surabaya segmen Kecamatan Driyorejo pada fragmen sebanyak 699 partikel/m<sup>3</sup>; *foam* sebanyak 157 partikel/m<sup>3</sup>; film sebanyak 112 partikel/m<sup>3</sup>; Granul sebanyak 61 partikel/m<sup>3</sup>; filamen sebanyak 51 partikel/m<sup>3</sup>; dan pelet sebanyak 7 partikel/m<sup>3</sup>.
3. Persebaran komposisi mikroplastik di Kali Surabaya segmen Kecamatan Driyorejo, yaitu fragmen, *foam*, film, granul, filamen, dan pelet. Persebaran kelimpahan mikroplastik di Kali Surabaya segmen Kecamatan Driyorejo dari hulu ke hilir secara berturut-turut, yaitu  $294 \pm 123,49$  partikel/m<sup>3</sup>;  $310 \pm 12,07$  partikel/m<sup>3</sup>;  $266 \pm 150,0$  partikel/m<sup>3</sup>; dan  $217 \pm 40,93$  partikel/m<sup>3</sup>.

#### 5.2 Saran

Saran dari penelitian ini adalah:

1. Penelitian mikroplastik di Kali Surabaya pada segmen Kecamatan Driyorejo perlu dikembangkan seperti pada bagian kiri dan kanan sungai, kedalaman sungai, serta sedimen sungai. Selain itu penelitian mikroplastik di sempadan sungai maupun di saluran sekunder yang masuk ke Kali Surabaya perlu

*al.*, 2015). Selain itu keberadaan industri pada segmen ini lebih sedikit dibandingkan dengan segmen sebelumnya, sehingga pengaruhnya terhadap jumlah mikroplastik di Kali Surabaya menurun. Peningkatan mikroplastik terjadi untuk jenis filamen. Peningkatan ini dapat terjadi akibat dari aktivitas manusia seperti mencuci baju di sungai yang mengakibatkan lepasnya serat kain menjadi filamen (Mani *et al.*, 2015). Keberadaan mikroplastik pada segmen ini juga merupakan akumulasi dari segmen sebelumnya, sehingga mikroplastik yang ditemukan di segmen ini juga dapat berasal dari wilayah sekitar hulu sungai.



**Gambar 4.14** Persentase komposisi mikroplastik pada segmen satu

Segmen satu merupakan bagian hilir dari area sampling. Kondisi sempadan sungai pada segmen ini hampir sama antara pepohonan dengan permukiman penduduk. Wilayah utara sungai merupakan wilayah Kabupaten Gresik didominasi oleh permukiman penduduk, sedangkan selatan sungai merupakan Kabupaten Sidoarjo masih didominasi oleh pepohonan. Perbedaan area sempadan Kali Surabaya segmen satu menunjukkan adanya perbedaan pola tata ruang antara Kabupaten Gresik dan Kabupaten Sidoarjo. Wilayah dengan Permukiman penduduk di dekat sungai lebih berpotensi menghasilkan mikroplastik dibandingkan dengan wilayah dengan pepohonan yang di dekat sungai (Carr *et al.*, 2016). Jumlah mikroplastik yang ditemukan pada segmen ini lebih rendah dibandingkan dengan segmen dua. Hal ini dapat diakibatkan karena lebar penampang sungai pada segmen ini lebih besar dibandingkan dengan segmen sebelumnya. Semakin lebar penampang sungai mengakibatkan area persebaran mikroplastik semakin lebar hingga mencapai tepian sungai (Mani *et*

sebelumnya. Pepohonan pada sempadan sungai dapat menahan *runoff*, sehingga mengurangi mikroplastik yang terbawa melalui aliran *runoff* (wahyuningsih *et al.*, 2018). *Permukiman* penduduk terletak semakin dekat dengan Kali Surabaya, beberapa rumah ada yang bertempat di sempadan Kali Surabaya. Hal ini meningkatkan potensi meningkatnya mikroplastik akibat dari pengelolaan sampah oleh penduduk yang kurang baik. Hal ini terbukti dengan meningkatnya jumlah mikroplastik yang cukup signifikan pada segmen dua ini dibandingkan dengan segmen tiga dan segmen empat. Keberadaan industri masih ditemukan pada segmen dua, tetapi tidak ditemukan industri plastik atau industri yang berpotensi menghasilkan limbah yang mengandung mikroplastik pada segmen dua ini.

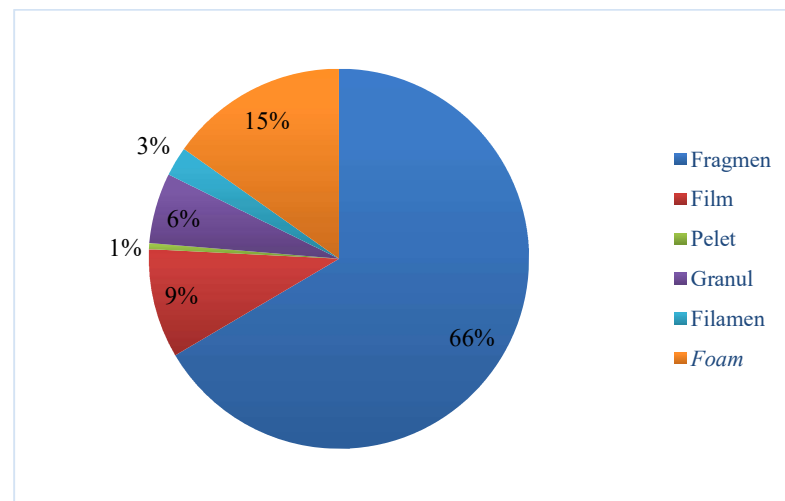
#### **4.3.4 Persebaran mikroplastik pada segmen satu**

Persebaran mikroplastik pada segmen satu didominasi oleh fragmen dengan jumlah 181 partikel/m<sup>3</sup> dari 294 partikel/m<sup>3</sup>. Jumlah tersebut mencapai 61,7% dari mikroplastik yang ditemukan di segmen satu. *Foam* dengan jumlah 43 partikel/m<sup>3</sup> menempati urutan kedua dan secara berturut-turut diikuti dengan film sebanyak 27 partikel/m<sup>3</sup>, filamen sebanyak 26 partikel/m<sup>3</sup>, granul sebanyak 14 partikel/m<sup>3</sup> dan pelet sebanyak 2 partikel/m<sup>3</sup>. Persentase jenis mikroplastik pada segmen tiga dapat dilihat pada Gambar 4.14

sehingga mudah terbawa oleh udara maupun aliran air sehingga persebarannya lebih cepat (Li *et al.*, 2018). Mikroplastik pada segmen tiga ini juga akumulasi dari segmen sebelumnya sehingga jumlah mikroplastik pada segmen ini meningkat dibandingkan dengan segmen empat.

#### 4.3.3 Persebaran mikroplastik pada segmen dua

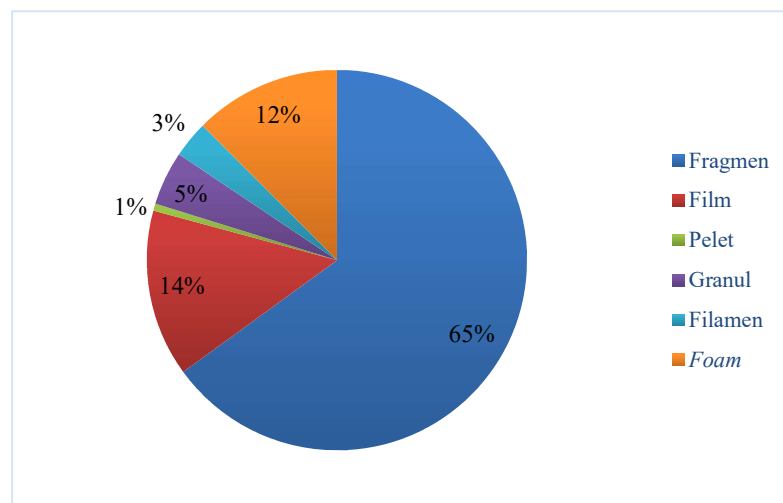
Segmen dua masih didominasi oleh fragmen dengan jumlah 207 partikel/m<sup>3</sup> dengan persentase mencapai 66,5% dari mikroplastik yang ditemukan di segmen dua. Mikroplastik terbanyak kedua, yaitu *foam* sebanyak 47 partikel/m<sup>3</sup> dan berturut-turut diikuti dengan film sebanyak 29 partikel/m<sup>3</sup>, granul 19 partikel/m<sup>3</sup>, filamen sebanyak 8 partikel/m<sup>3</sup>, dan pelet 2 partikel/m<sup>3</sup>. Persentase jenis mikroplastik pada segmen tiga dapat dilihat pada Gambar 4.13



**Gambar 4.13** Persentase komposisi mikroplastik pada segmen dua

Segmen dua memiliki kondisi sempadan yang masih didominasi oleh pepohonan. Tetapi intensitasnya lebih sedikit dibandingkan dengan segmen

partikel/m<sup>3</sup> menempati urutan kedua dan secara berturut-turut diikuti dengan *foam* sebanyak 33 partikel/m<sup>3</sup>, granul sebanyak 12 partikel/m<sup>3</sup>, filamen sebanyak 8 partikel/m<sup>3</sup> dan pelet sebanyak 2 partikel/m<sup>3</sup>. Persentase jenis mikroplastik pada segmen tiga dapat dilihat pada Gambar 4.12



**Gambar 4.12** Persentase komposisi mikroplastik pada segmen tiga

Kondisi Kali Surabaya pada segmen tiga didominasi oleh pepohonan pada area sempadan sungai. Pepohonan pada sempadan sungai mampu menahan aliran *runoff* yang akan masuk ke Kali Surabaya, sehingga akan mengurangi mikroplastik yang masuk ke sungai akibat *runoff* tersebut (Wahyuningsih *et al.*, 2018). Permukiman penduduk terdapat di sekitar wilayah sungai dan keberadaan industri tidak sebanyak dibandingkan dengan segmen empat. Industri tekstil dan industri barang-barang plastik dengan jenis bahan baku HDPE, LDPE, LLDPE, PP, dan lain-lain terdapat pada segmen ini. Industri tekstil berpotensi menjadi penyumbang mikroplastik jenis filamen. Filamen memiliki densitas yang rendah



industri tersebut dapat menjadi mikroplastik dengan jenis fragmen, film, pelet, dan filamen.

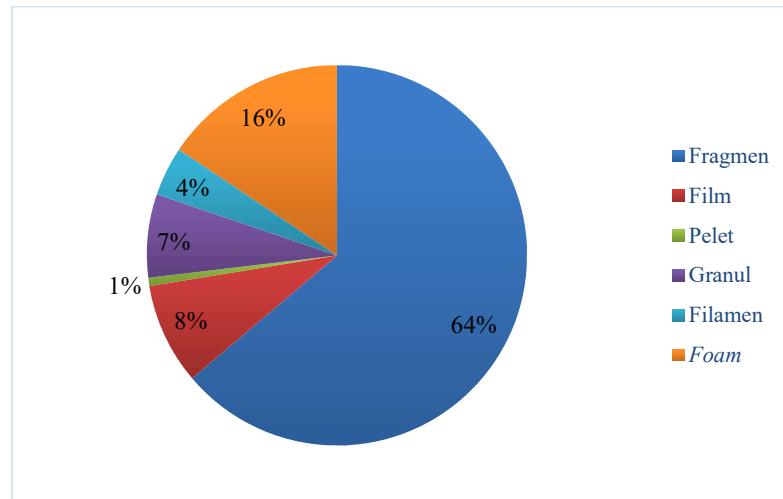
Wilayah pemukiman di segmen ini juga berpotensi menjadi sumber pencemar mikroplastik. Air limbah yang dihasilkan oleh rumah tangga merupakan sumber mikroplastik. McCormick *et al.*, (2016) dan Mani *et al.*, (2015) menemukan mikroplastik jenis fragmen, filamen, granul dalam air sungai dekat *Waste Water Treatment Plant* (WWTP). Permukiman penduduk menjadi sumber pencemar fiber dan granul. Filamen merupakan mikroplastik yang berasal dari serat pakaian yang lepas akibat proses pencucian, sedangkan granul umumnya ditemukan dalam produk kebersihan atau kecantikan disebut sebagai *microbeads* atau *micro-droplets* seperti yang dapat dilihat pada Gambar 4.11.



**Gambar 4.11** Produk kebersihan yang menggunakan *microbeads*

#### 4.3.2 Persebaran mikroplastik pada segmen tiga

Persebaran mikroplastik pada segmen tiga didominasi oleh fragmen dengan jumlah 173 partikel/m<sup>3</sup> dari 266 partikel/m<sup>3</sup>. Jumlah tersebut mencapai 65% dari mikroplastik yang ditemukan di segmen tiga. Film dengan jumlah 38



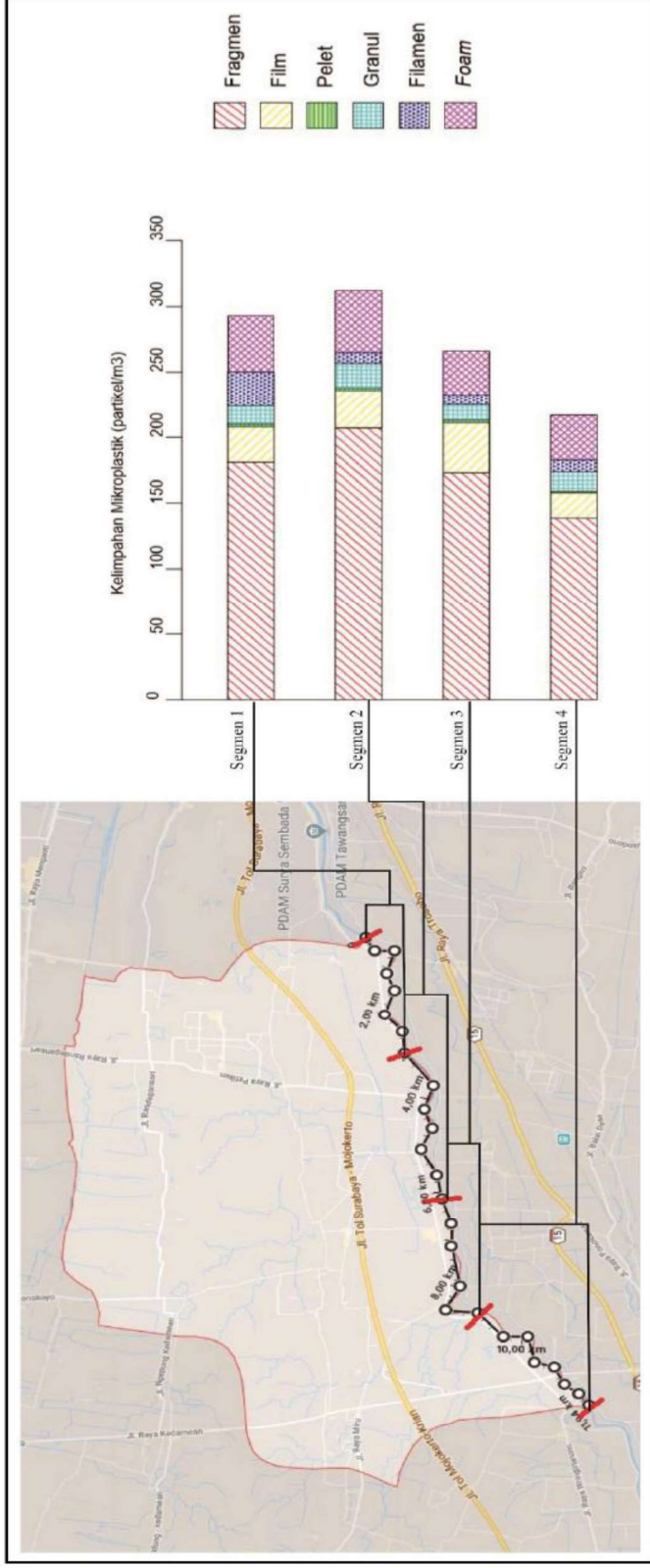
**Gambar 4.10** Persentase komposisi mikroplastik pada segmen empat

Segmen empat merupakan bagian hulu dari area sampling. Sempadan sungai pada segmen ini didominasi oleh pepohonan, akan tetapi wilayah tersebut merupakan wilayah permukiman dan industri. Pepohonan tersebut berperan dalam menahan laju *runoff*, sehingga mengurangi potensi mikroplastik yang akan masuk ke sungai akibat *runoff* (Wahyuningsih *et al.*, 2018). Beberapa industri merupakan industri plastik diantaranya, yaitu industri karung plastik; industri sarung tangan kerja rajut; industri plastik pvc, *polyester*, *polyurethane*; industri kantong plastik dan kemasan; industri botol, jerigen, dan alat rumah tangga dengan bahan dasar plastik. Plastik tersebut terdiri atas berbagai jenis bahan seperti PVC, PP, HIPS, OPS, PET (APET, PET.E, PET.G), HDPE, LDPE, PU. Industri tersebut dapat berpotensi menjadi sumber pencemar mikroplastik baik secara langsung melalui air limbahnya maupun secara tidak langsung melalui hilangnya plastik saat proses produksi (GESAMP, 2010). Bahan yang digunakan dalam produksi plastik di

Mikroplastik di Kali Surabaya berpotensi untuk terbawa arus sungai sampai ke laut. Kali Surabaya berjarak lebih kurang 12 km dari selat Madura yang merupakan batas timur wilayah Kota Surabaya mengakibatkan mikroplastik di Kali Surabaya lebih cepat sampai di laut (Muqodam, 2014). GESAMP (2010) menyebutkan ada empat faktor yang dapat membawa mikroplastik sampai ke laut. Pertama, pengecilan ukuran mikroplastik akibat paparan sinar UV, tekanan fisik dari air, dan dari aktivitas makhluk hidup. Kedua, mikroplastik yang secara langsung masuk ke badan air melalui pembuangan limbah rumah tangga yang tercemar mikroplastik yang berasal dari produk kebersihan dan kecantikan yang mengandung *scrub*. Ketiga, mikroplastik yang lepas dalam proses produksi maupun selama proses pengolahan menjadi barang lain. Keempat, mikroplastik yang terbawa dari limbah industri yang dibuang secara langsung ke badan air.

#### **4.3.1 Persebaran mikroplastik pada segmen empat**

Segmen empat didominasi oleh fragmen dengan jumlah 138 partikel/m<sup>3</sup> dari 217 partikel/m<sup>3</sup>. Jumlah tersebut mencapai 63,8% dari mikroplastik yang ditemukan di segmen empat. *Foam* dengan jumlah 34 partikel/m<sup>3</sup> menempati urutan kedua dan secara berturut-turut diikuti dengan film sebanyak 19 partikel/m<sup>3</sup>, granul sebanyak 15 partikel/m<sup>3</sup>, filamen sebanyak 9 partikel/m<sup>3</sup> dan pelet sebanyak 1 partikel/m<sup>3</sup>. Persentase mikroplastik pada segmen empat dapat dilihat pada Gambar 4.10.



Gambar 4.9 Peta persebaran mikroplastik di Kali Surabaya

dengan di daratan. Mikroplastik akan mengapung di perairan dan terbawa mengikuti aliran air. Berdasarkan hasil penelitian, sampel mikroplastik diambil pada permukaan air Kali Surabaya menggunakan *plankton net* dengan ukuran jaring 80  $\mu\text{m}$ , ditemukan mikroplastik dengan jenis yang beragam serta jumlah yang bervariasi pada masing-masing segmen. Peta persebaran mikroplastik di Kali Surabaya dapat dilihat pada Gambar 4.9.

banyak menggunakan baju dibandingkan dengan musim panas sehingga intensitas mencuci baju pada musim dingin akan meningkat. Di Indonesia hanya terdapat dua musim, yaitu musim kemarau dan musim penghujan. Pada musim penghujan masyarakat Indonesia lebih sering mengenakan pakaian dibandingkan dengan musim kemarau. Hal ini dikarenakan pakaian yang lebih cepat kotor saat beraktivitas akibat percikan dari air hujan. Dampaknya limbah cucian yang dihasilkan akan lebih banyak juga dan mikroplastik jenis filamen menjadi meningkat (Browne, 2011).

Mikroplastik jenis pelet merupakan mikroplastik primer yang dibuat dalam bentuk mikro dengan bentuk yang lebih beraturan. Pelet digunakan sebagai bahan baku dalam produksi barang-barang plastik (Gregory, 1996; Fendall and Sewell, 2009). Mikroplastik jenis pelet merupakan mikroplastik yang persebarannya dapat ditemukan di permukaan maupun di sedimen sungai (McCormick *et al.*, 2014; Castaneda *et al.*, 2014; Cordova and A'an, 2016). Hal ini dikarenakan pelet memiliki densitas yang beragam, yaitu rentang  $0,8 \text{ g/cm}^3$  sampai  $1,1 \text{ g/cm}^3$ . Densitas yang berbeda tersebut tergantung pada jenis polimer dari pelet. Polimer *High Density PolyEthylene* (HDPE) memiliki densitas  $> 1 \text{ g/cm}^3$ , sedangkan *Low Density Polyethylene* memiliki densitas  $< 1 \text{ g/cm}^3$  (Li *et al.*, 2018).

#### **4.3 Persebaran Mikroplastik di Kali Surabaya Segmen Kecamatan Driyorejo**

Mikroplastik merupakan plastik yang memiliki ukuran kecil ( $< 5 \text{ mm}$ ) mengakibatkan persebarannya melalui perairan akan lebih mudah dibandingkan

sekunder yang terbentuk dari fragmentasi plastik seperti kantong plastik, kemasan makanan (Lassen *et al.*, 2015). Mikroplastik jenis film memiliki densitas yang rendah dibandingkan dengan pelet atau fragmen. Hal ini menyebabkan film lebih mudah ditransportasikan melalui media air (Claessen *et al.*, 2011; Hastuti *et al.*, 2014).

Mikroplastik jenis granul pada umumnya tergolong ke dalam jenis mikroplastik primer. Mikroplastik primer merupakan plastik yang sengaja dibuat dalam bentuk mikro, seperti *microbeads* yang terdapat pada produkkebersihan, perawatan atau kosmetik (Zhang *et al.*, 2017; Gregory, 1996). Mikroplastik jenis granul lebih banyak ditemukan dalam ukuran  $< 1$  mm. Ukuran Granul yang relatif kecil menyebabkan granul lebih mudah dikonsumsi oleh biota yang ada di perairan (EFSA, 2016).

Mikroplastik jenis filamen merupakan mikroplastik yang berasal dari serat pakaian, tali-temali, dan alat penangkap ikan seperti jaring atau pancing (Nor dan Obbard, 2014). Browne *et al.*, (2008), menyebutkan bahwa kegiatan mencuci bahan tekstil sintetis baik kegiatan industri masal maupun industri rumah seperti *laundry* dapat menghasilkan konsentrasi yang tinggi untuk mikroplastik jenis filamen. Mikroplastik jenis filamen juga tidak akan tertangkap oleh instalasi pengolahan air limbah (IPAL) dikarenakan ukurannya yang kecil (Fendall dan Sewell, 2009). Mikroplastik dari limbah IPAL juga merupakan sumber dari mikroplastik jenis filamen pada sedimen laut dan perairan pantai (Browne, 2011; Talvitie *et al.*, 2015). Selain itu, kelimpahan mikroplastik jenis filamen yang dihasilkan dapat berubah sesuai musim. Pada musim dingin, manusia lebih

terbuat dari plastik merupakan salah satu sumber mikroplastik jenis fragmen. Mikroplastik jenis fragmen terbentuk dari fragmentasi makroplastik yang dapat melalui proses fisik, fotolisis, termo-oksidasi, termo-degradasi, dan memungkinkan melalui degradasi (Andrady, 2011). Fragmen merupakan mikroplastik yang terbentuk dari produk plastik yang memiliki polimer yang sangat kuat sehingga kegunaannya dalam kehidupan manusia sangat banyak dan umumnya memiliki ukuran yang besar, sehingga apabila mengalami fragmentasi dari proses yang telah dijelaskan sebelumnya akan menghasilkan mikroplastik yang sangat banyak. Hal ini yang menyebabkan jumlah mikroplastik jenis fragmen memiliki kelimpahan yang melebihi jenis lain. Dewi *et al.*, (2015) dalam penelitiannya pada sedimen di Muara Badak, Kabupaten Kutai Karta Negara menemukan bahwa mikroplastik jenis fragmen merupakan mikroplastik dengan jumlah yang paling banyak ditemukan di lokasi tersebut.

Mikroplastik jenis *foam* merupakan mikroplastik yang memiliki kelimpahan terbanyak nomor dua setelah fragmen. Berdasarkan hasil penelitian, *foam memiliki* karakteristik dengan bentuk dominan bulat dengan warna putih atau kekuningan serta memiliki tekstur yang lunak. *Foam* memiliki densitas yang paling ringan dibandingkan dengan mikroplastik jenis lain, yaitu  $0,05 \text{ g/cm}^3$ . Hal ini menyebabkan *foam* akan lebih mudah ditransportasikan oleh arus air sehingga keberadaan *foam* lebih banyak ditemukan di permukaan air dibandingkan di kedalaman maupun sedimen (McCormick *et al.*, 2016).

Mikroplastik jenis film merupakan mikroplastik yang berbentuk lembaran dan memiliki sifat lentur (Virsek *et al.*, 2016). Film merupakan mikroplastik



Mikroplastik yang ditemukan di Kali Surabaya juga dapat berasal dari sampah yang dihasilkan dari aktivitas penduduk di sekitar sungai. Barnes *et al.*, (2009) menyebutkan bahwa perilaku manusia yang tidak baik seperti membuang sampah sembarangan serta pengelolaan sampah yang kurang baik dapat menjadi salah satu faktor banyaknya kelimpahan mikroplastik. Hal ini didukung dengan pernyataan Derraik (2002), yang menyatakan bahwa daerah padat penduduk dan industri menghasilkan sampah plastik khususnya didominasi oleh sampah kemasan. Berdasarkan penelitian di lapangan ditemukan berbagai sampah plastik yang terdapat di sungai maupun di sempadan sungai seperti yang dapat dilihat pada Gambar 4.8.



(a)

(b)

**Gambar 4.8** (a) sampah yang menumpuk di sempadan sungai;  
(b) sampah di permukaan sungai

Sampah plastik di Kali Surabaya didominasi oleh sampah botol/gelas kemasan air minum, plastik kemasan produk makanan, dan kantong plastik yang digunakan untuk membungkus sampah saat dibuang. Botol/gelas kemasan air minum merupakan salah satu komponen yang dapat berpotensi menjadi mikroplastik jenis fragmen. Selain itu, botol shampoo dan alat rumah tangga yang

yang masih memiliki kaitan dengan Kali Surabaya. Kali Surabaya merupakan anak sungai dari Sungai Brantas yang berhulu di Gunung Arjuno dan mengalir melewati Kabupaten Malang, Blitar, Tulungagung, Kediri, Jombang Mojokerto. Di Mojokerto, Sungai Brantas terbelah menjadi Sungai Porong yang mengalir ke arah Sidoarjo dan Kali Surabaya yang mengalir ke arah Surabaya (Jatmiko, 2018).

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan di Kali Surabaya khususnya segmen Kecamatan Driyorejo yang dibagi menjadi empat segmen, ditemukan mikroplastik dengan jumlah yang berbeda pada setiap segmennya. Hasil kelimpahan mikroplastik pada masing-masing segmen dapat dilihat di Tabel 4.1.

**Tabel 4.1** Kelimpahan mikroplastik di Kali Surabaya segmen Kecamatan Driyorejo

	Rata-rata kelimpahan mikroplastik (Partikel/m <sup>3</sup> )				
	Segmen 1	Segmen 2	Segmen 3	Segmen 4	Total
Fragmen	181 ± 44,9	207 ± 29,7	173 ± 45,7	138 ± 8,0	699
Foam	43 ± 4,9	47 ± 7,4	33 ± 12,3	34 ± 9,4	157
Film	27 ± 5,9	29 ± 8,0	38 ± 14,5	19 ± 10,0	112
Granul	14 ± 3,9	19 ± 10,6	12 ± 7,5	15 ± 5,9	61
Filamen	26 ± 13,9	8 ± 3,8	8 ± 4,5	9 ± 4,8	51
Pelet	2 ± 0,7	2 ± 0,7	2 ± 0,6	1 ± 0,5	7
Total	294 ± 123,49	310 ± 12,07	266 ± 150,0	217 ± 40,93	

Tabel 4.1 menunjukkan mikroplastik untuk masing-masing jenis dan segmen memiliki kelimpahan yang berbeda. Mikroplastik jenis fragmen memiliki kelimpahan yang paling banyak pada semua segmen dan secara berturut-turut diikuti dengan *foam*, film, granul, filamen serta yang paling sedikit adalah pelet. Troyer (2015) menyebutkan bahwa kelimpahan mikroplastik di sungai akan berubah sepanjang waktu.

kecoklatan. Polimer dari jenis *foam* adalah *foam polystyrene* (Virsek *et al.*, 2016). Mikroplastik jenis ini berasal dari fragmentasi makroplastik seperti *styrofoam box*, gelas mie instan, *styrofoam* kotak makanan. Mikroplastik lebih sulit terdegradasi dibandingkan dengan polimer jenis lainnya (Troyer, 2015).



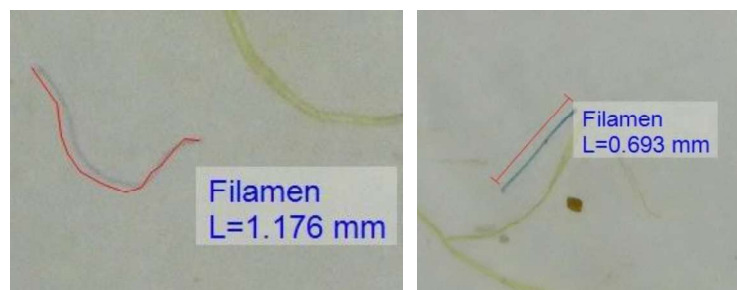
**Gambar 4.7** Mikroplastik jenis *foam*

Berdasarkan ciri-ciri yang telah disebutkan, ditemukan mikroplastik jenis *foam* di Kali Surabaya. *Foam* yang ditemukan di Kali Surabaya memiliki beragam bentuk diantaranya ada yang bulat, pipih, dan tidak beraturan. Mikroplastik jenis ini juga ditemukan dengan berbagai ukuran, ada yang berukuran  $>1$  mm maupun  $<1$  mm dengan warna didominasi putih.

#### **4.2 Kelimpahan Mikroplastik di Kali Surabaya Segmen Kecamatan Driyorejo**

Mikroplastik yang ditemukan di Kali Surabaya berasal dari berbagai sumber. Mikroplastik tersebut tidak hanya berasal dari area di sekitar Kali Surabaya saja, tetapi juga dapat berasal dari area yang jauh dari Kali Surabaya

5. Mikroplastik jenis filamen (Gambar 4.6) memiliki bentuk yang kecil dan panjang, lentur, serta terdiri atas berbagai warna seperti merah biru, dan hitam. Polimer dari mikroplastik jenis filamen adalah *nylon*, *polyvinyl alcohol*, dan *polypropylene* (Manalu, 2017; McCormick *et al.*, 2017).

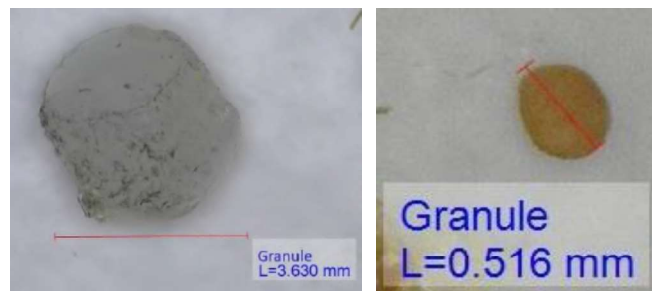


**Gambar 4.6** Mikroplastik jenis filamen

Berdasarkan ciri-ciri di atas, ditemukan mikroplastik jenis filamen di Kali Surabaya. Mikroplastik jenis ini banyak berasal dari aktivitas manusia seperti mencuci baju, menangkap ikan, dan juga aktivitas industri tekstil (Fischer *et al.*, 2016). Aktivitas mencuci baju mengakibatkan terjadinya kontak fisik sehingga mengakibatkan terlepasnya serat kain yang berupa filamen ke dalam air cucian yang kemudian dibuang di sungai. Selain itu, dalam proses penangkapan ikan seperti memancing atau menggunakan jaring juga menggunakan bahan yang dapat menjadi mikroplastik jenis filamen (Rummel *et al.*, 2017). Mikroplastik jenis ini lebih banyak ditemukan dalam ukuran  $< 1$  mm dengan warna didominasi merah, biru, dan hitam.

6. Mikroplastik jenis *foam* (Gambar 4.7) memiliki bentuk bulat, atau ada yang berbentuk tidak beraturan, bersifat lunak, dan berwarna putih hingga kuning

4. Mikroplastik jenis granul (Gambar 4.5) memiliki ciri-ciri dengan bentuk butir dengan ukuran yang relatif kecil dibandingkan dengan pelet. Ukurannya berkisar 1 mm atau lebih kecil. Warna coklat kekuningan merupakan yang paling banyak ditemui pada mikroplastik jenis ini. Polimer dari mikroplastik jenis granul adalah *polystyrene*, *polyethylene*, dan *polymethyl methacrylate* (Isobe, 2016).



**Gambar 4.5** Mikroplastik jenis granul

Mikroplastik jenis ini merupakan mikroplastik primer dan sekunder. Produk kecantikan maupun produk pembersih badan atau muka serta *hand sanitizer* yang mengandung ketiga tipe resin tersebut merupakan sumber mikroplastik jenis granul secara primer. Ketiga resin tersebut digunakan sebagai bahan *scrubber* pada produk kosmetik yang berfungsi sebagai *scrubbing agent* (Clessens *et al.*, 2011; Cole *et al.*, 2011). Pembentukan granul secara sekunder dapat berasal dari fragmentasi barang-barang yang terbuat dari plastik seperti kursi plastik, ember cucian, dan lain-lain (Lassen *et al.*, 2015; Victoria, 2017).

berwarna biru, merah, dan hitam. Ukuran mikroplastik jenis film didominasi pada rentang 5 mm sampai 1 mm. Mikroplastik jenis ini lebih mudah terfragmentasi dibandingkan mikroplastik jenis lain dikarenakan sifatnya yang tipis dan lentur.

3. Mikroplastik jenis pelet (Gambar 4.4) merupakan mikroplastik dengan bentuk bulat datar dan memiliki ketebalan, kaku, banyak ditemui dengan warna transparan. Polimer mikroplastik jenis pelet adalah *polyethylene*, *polystyrene*, serta *polypropylene* (United States Environmental Protection Agency, 1992; Virsek *et al.*, 2016).

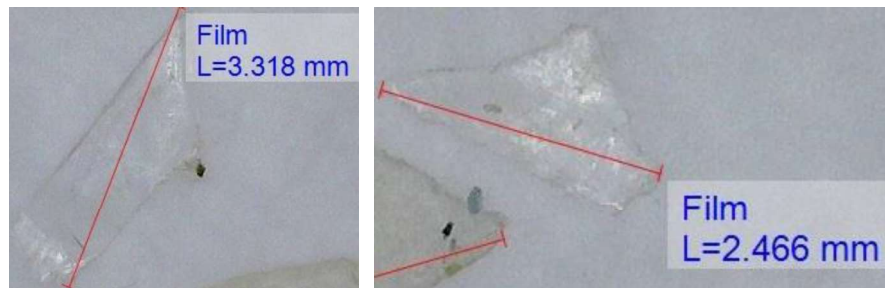


**Gambar 4.4** Mikroplastik jenis pelet

Berdasarkan ciri-ciri yang telah disebutkan, ditemukan mikroplastik jenis pelet di Kali Surabaya. Mikroplastik jenis ini merupakan mikroplastik jenis primer yang diproduksi secara langsung oleh pabrik sebagai bahan baku produk plastik dalam bentuk pelet. Pada saat proses produksi berpotensi terlepasnya partikel pelet masuk air permukaan (McCormick *et al.*, 2017). Pelet yang ditemukan di Kali Surabaya sebagian besar tidak berwarna (transparan) dan beberapa berwarna abu-abu.

biru, putih, hijau, hitam, trasparan, kuning, dan lain-lain. Mikroplastik jenis fragmen dapat berasal dari benda seperti botol dan tutup botol air mineral, botol sampo, pecahan *bumper* mobil, serta pecahan dari benda-benda rumah tangga yang terbuat dari plastik.

2. Mikroplastik jenis film (Gambar 4.3) memiliki ciri-ciri bentuknya tidak beraturan, tipis, lentur, banyak ditemui dengan warna transparan. Mikroplastik jenis film ini lebih mudah terpecah maupun terdegradasi pada saat di air dibandingkan dengan mikroplastik jenis lain. Mikroplastik jenis film merupakan mikroplastik sekunder yang berasal dari fragmentasi plastik kemasan dan kantong plastik. Plastik jenis ini biasanya berjenis polimer *polyethylene* (Virsek *et al.*, 2016; Wahyuningsih *et al.*, 2018).

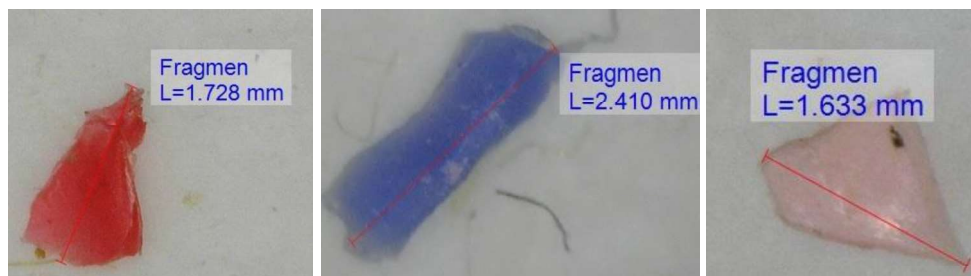


**Gambar 4.3** Mikroplastik jenis film

Berdasarkan ciri-ciri yang telah disebutkan, ditemukan mikroplastik jenis film di Kali Surabaya. Mikroplastik jenis ini dapat berasal dari kantong plastik yang digunakan sebagai pembungkus sampah, plastik pembungkus makanan, atau plastik pembungkus benda-benda lain. Film yang ditemukan di Kali Surabaya sebagian besar tidak berwarna (transparan) dan beberapa

Aktivitas masyarakat di sekitar Kali Surabaya dapat menyebabkan jumlah mikroplastik menjadi tinggi. Mikroplastik tersebut merupakan hasil fragmentasi dari sampah plastik buangan manusia yang berukuran lebih besar yang menumpuk di permukaan serta bantaran sungai, seperti kantong plastik, botol plastik, *cup* mie instan. Hal ini terbukti dengan hasil pengambilan dan pengamatan pada sampel air Kali Surabaya pada segmen Kecamatan Driyorejo telah ditemukan mikroplastik jenis (1) fragmen; (2) film; (3) pelet; (4) granul; (5) filamen; (6) *foam*.

1. Mikroplastik jenis fragmen (Gambar 4.2) merupakan yang paling banyak ditemukan di Kali Surabaya memiliki ciri-ciri bentuknya tidak beraturan, berbahan keras dan kaku, warnanya beragam seperti merah, hijau, biru, putih, hitam, dan transparan (Virsek *et al.*, 2016). Mikroplastik jenis fragmen merupakan jenis mikroplastik sekunder yang berasal dari potongan plastik bersifat polimer kuat, seperti *polypropylene*, *polyethylene*, dan *polystyrene* (Mani *et al.*, 2015; Horton *et al.*, 2016).



**Gambar 4.2** Mikroplastik jenis fragmen

Berdasarkan ciri-ciri yang telah disebutkan, ditemukan mikroplastik jenis fragmen di Kali Surabaya. Fragmen yang ditemukan berwarna merah,

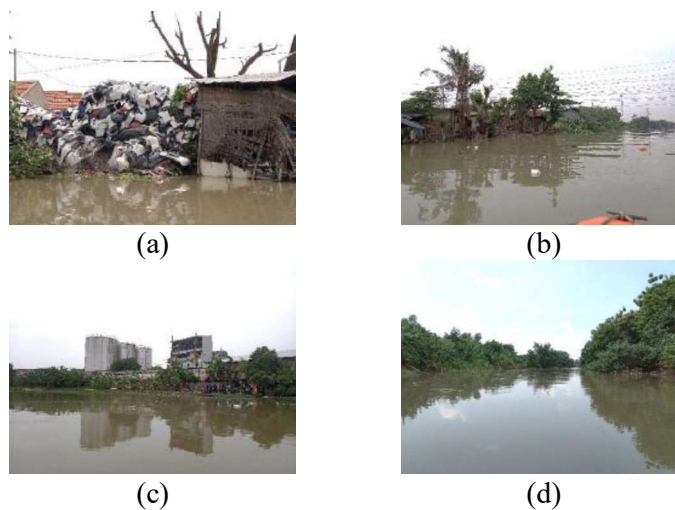


Hasil pengamatan menunjukkan bahwa kondisi eksisting pada titik sampling di permukaan dan di sempadan Kali Surabaya terdapat berbagai jenis bangunan seperti industri/pabrik, rumah penduduk, bengkel reparasi bodi mobil, serta ada yang berbatasan dengan lahan hijau. Hal tersebut dapat menjadi sumber pencemar sampah plastik yang berada di sungai, baik secara *point source* maupun *nonpoint source*. Sampah yang berada di Kali Surabaya merupakan hasil dari aktivitas masyarakat di sekitarnya yang melakukan pembuangan sampah sembarangan. Sampah plastik membutuhkan waktu ratusan tahun untuk terurai secara sempurna. Namun, Andrady (2011) menyatakan bahwa sampah plastik yang terdapat di permukaan air dapat mengalami degradasi melalui berbagai proses, seperti biodegradasi, degradasi fotolisis, degradasi termooksidatif, serta hidrolisis. Proses degradasi tersebut dapat mempercepat penguraian plastik sehingga terbentuk mikroplastik.

Berdasarkan sumbernya, mikroplastik diklasifikasikan menjadi dua (2), yaitu primer dan sekunder. Mikroplastik primer merupakan partikel plastik yang berasal dari produk untuk penggunaan langsung, seperti kosmetik atau bahan yang digunakan untuk menghasilkan plastik yang lebih besar, produk pembersih, pelet untuk pakan hewan, bubuk resin, dan umpan produksi plastik yang masuk ke perairan. Mikroplastik sekunder berasal dari fragmentasi dari partikel plastik yang lebih besar, seperti jala ikan, bahan baku industri, alat rumah tangga, kantong plastik, serta serat sintesis dari pencucian pakaian (Lassen *et al.*, 2015; Victoria, 2017).

**BAB IV****HASIL DAN PEMBAHASAN****4.1 Komposisi Mikroplastik di Kali Surabaya Segmen Kecamatan Driyorejo**

Kali Surabaya merupakan sungai utama di Kota Surabaya yang berasal dari perpecahan sungai Brantas yang mengalir dari DAM Mlirip Kabupaten Mojokerto sampai pintu air Jagir Kota Surabaya, yang memiliki panjang 42 km (Indriani *et al.*, 2016). Area sampling berada di Kecamatan Driyorejo, Kabupaten Gresik sepanjang 12 km. Berdasarkan pengamatan pada saat sampling, ditemukan sampah plastik yang mengapung di permukaan sungai maupun berada di bantaran sungai. Sampah tersebut dapat berasal dari aktivitas masyarakat yang tinggal di sekitar Kali Surabaya. Kondisi Kali Surabaya dapat dilihat pada Gambar 4.1.



**Gambar 4.1** Kondisi eksisting Kali Surabaya (a) bengkel *body repair*, (b) permukiman penduduk, (c) industri, (d) pepohonan