



**IDENTIFIKASI JENIS DAN DISTRIBUSI MIKROPLASTIK PADA SEDIMEN
DAN PERAIRAN DI WONOREJO, PANTAI TIMUR SURABAYA**

SKRIPSI

Oleh:

CINTYA AYU MAHARANI LORENZA
NIM. 145080601111037



**PROGRAM STUDI ILMU KELAUTAN
JURUSAN PEMANFAATAN SUMBERDAYA PERIKANAN DAN KELAUTAN
FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA**

**MALANG
2019**



**IDENTIFIKASI JENIS DAN DISTRIBUSI MIKROPLASTIK PADA SEDIMEN
DAN PERAIRAN DI WONOREJO, PANTAI TIMUR SURABAYA**

SKRIPSI

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Meraih Gelar Sarjana Kelautan
Di Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan**

**Universitas Brawijaya
Malang**

Oleh :

**CINTYA AYU MAHARANI LORENZA
NIM. 145080601111037**



**PROGRAM STUDI ILMU KELAUTAN
JURUSAN PEMANFAATAN SUMBERDAYA PERIKANAN DAN KELAUTAN
FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG**

2019



DAFTAR ISI

	Halaman
PERNYATAAN ORISINALITAS	i
UCAPAN TERIMAKASIH	ii
RINGKASAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR LAMPIRAN	ix
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan.....	4
1.4 Manfaat.....	4
II. TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Pengertian Sampah Laut.....	6
2.2 Karakteristik Sampah Laut.....	6
2.3 Plastik.....	7
2.3.1 Pengertian Mikroplastik.....	8
2.3.2 Jenis Mikroplastik.....	9
2.3.3 Warna Mikroplastik.....	10
2.3.4 Dampak Mikroplastik.....	12
2.3.5 Sumber Mikroplastik.....	13
2.3.6 Distribusi Mikroplastik.....	14
2.3.5.1 Arus.....	14
2.3.5.2 Pasang Surut.....	15
2.4 Penelitian Terdahulu.....	16
III. METODOLOGI	19
3.1 Lokasi dan Waktu Penelitian.....	19
3.2 Alat dan Bahan.....	20
3.3 Prosedur Penelitian.....	22
3.4 Metode Penelitian.....	24
3.5 Pengambilan Data Lapang.....	24
3.5.1 Pengambilan Sampel Sedimen.....	24
3.5.2 Pengambilan Sampel Air.....	25
3.5.3 Pengambilan Data Arus.....	25
3.6 Identifikasi Jenis Mikroplastik.....	29
3.6.1 Kelimpahan Mikroplastik.....	31
3.7 Analisis Distribusi Mikroplastik.....	33

**IV. HASIL DAN PEMBAHASAN 35**

4.1 Kondisi Umum Lokasi Penelitian..... 35

4.2 Jenis Mikroplastik di Wonorejo 39

4.2.1 Klasifikasi Warna Mikroplastik di Wonorejo..... 47

4.2.2 Kelimpahan Mikroplastik di Wonorejo..... 49

4.3 Data Arus..... 57

4.4 Hubungan Kelimpahan Mikroplastik pada Sedimen dan Perairan 65

4.5 Hubungan Distribusi Mikroplastik dengan Arus..... 66

5. KESIMPULAN DAN SARAN 71

5.1 Kesimpulan 71

5.2 Saran 71

DAFTAR PUSTAKA 73**LAMPIRAN 80**



I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sampah menjadi masalah utama yang dapat mengancam kehidupan masyarakat di seluruh dunia dalam kurun waktu ini. Sampah tersebut paling banyak dihasilkan dari aktivitas antropogenik yang sebagian besar dilakukan di darat. Selanjutnya, sampah terbawa sampai ke laut dan dikenal dengan istilah *marine debris* atau sampah laut. Sebagian besar sampah laut berasal dari bahan plastik (Avio *et al.*, 2017). Plastik merupakan jenis sampah laut yang lebih dominan dibandingkan dengan jenis sampah-sampah laut lainnya. Plastik merupakan polimer organik sintesis dan memiliki karakteristik bahan yang cocok digunakan sehari-hari (Hastuti *et al.*, 2014). Selama kurun waktu 21 tahun dari 1984 hingga 2005, sampah laut yang mayoritas plastik meningkat di Pantai Afrika Selatan (Ryan *et al.*, 2009). Diperkirakan sebanyak 10% dari keseluruhan plastik hasil produksi dibuang melalui sungai dan berakhir di laut. Diasumsikan bahwa sekitar 165 ribu ton plastik/tahun akan bermuara di perairan laut Indonesia (Hastuti *et al.*, 2014). Banyaknya aktivitas yang terjadi di wilayah perairan seperti bongkar muat kapal di pelabuhan, penangkapan ikan, pertambangan, pertanian, perkebunan, dan aktivitas rumah tangga menjadi faktor-faktor yang menyumbang keberadaan sampah terutama sampah plastik (Dewi *et al.*, 2015).

Keberadaan plastik sangat berbahaya karena terbuat dari bahan-bahan yang mengandung *polychlorinated biphenyl* (PCBs), *polycyclic aromatic hydrocarbon* (PAH), *petroleum hydrocarbon*, *organochlorine pesticides*, *polybrominated diphenylethers*, *alkylphenol*, dan *bisphenol*. Oleh karena itu, keberadaan plastik dapat mengganggu sistem organ (Karuniastuti, 2017). Plastik membutuhkan waktu yang sangat lama dalam proses degradasinya. Plastik yang telah mengalami proses degradasi tidak akan hilang begitu saja, tetapi menjadi partikel-partikel



Repository Universitas Brawijaya Repository Universitas Brawijaya

terkecil yang dikenal dengan mikroplastik. Partikel mikroplastik memiliki ukuran berkisar antara 0,3 mm sampai >5 mm (Eriksen *et al.*, 2013). Keberadaan mikroplastik tidak mudah untuk dimusnahkan dari lingkungan sekitar laut karena sifatnya yang persisten sehingga presentase ditemukan adanya mikroplastik mencapai 85% (Barasarathi, 2014).

Pada perairan di seluruh dunia, mikroplastik yang ditemukan kebanyakan memiliki ukuran >5 mm (Claessens *et al.*, 2011; Hidalgo-Ruz *et al.*, 2012). Mikroplastik pada sedimen dan perairan memiliki kelimpahan yang berbeda. Mikroplastik yang terdapat di sedimen membutuhkan waktu yang lama dalam perpindahannya jika dibandingkan dengan permukaan air. Mikroplastik akan mengendap dalam kurun waktu lama di sedimen sedangkan pada permukaan air akan banyak mengapung (Su *et al.*, 2016).

Perairan Wonorejo merupakan salah satu daerah yang menghasilkan kepiting bakau di Surabaya (Meirikayanti *et al.*, 2018). Perairan ini menjadi salah satu bagian dari Pantai Timur Surabaya yang dilalui oleh sungai Jagir dengan kedalaman 1 – 3 meter. Sungai tersebut melewati area pemukiman, industri, kawasan ekowisata *mangrove*, area pertambakan, dan terdapat berbagai macam kegiatan manusia sehingga berpotensi membawa limbah. Bahan pencemar limbah akan terdistribusi hingga ke muara sungai dan berakhir di perairan laut (Sari *et al.*, 2017). Salah satu limbah yang paling banyak dihasilkan dari aktivitas manusia yakni limbah sampah. Sumber masukan sampah yang paling besar berasal dari sungai (Rahmad *et al.*, 2019). Salah satu faktor penyebab sampah semakin menumpuk di perairan yakni faktor arus (Coppock *et al.*, 2017).

Keadaan di sekitar lokasi penelitian memiliki kelimpahan dan jenis mikroplastik yang berbeda (Jiang *et al.*, 2018). Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan dengan mengambil beberapa titik lokasi atau stasiun. Penelitian dilakukan dengan cara mengidentifikasi jenis mikroplastik yang terdapat pada sedimen dan perairan yang

Repository Universitas Brawijaya Repository Universitas Brawijaya Repository Universitas Brawijaya Repository Universitas Brawijaya

2



diambil dari lima (5) stasiun berbeda sehingga akan diketahui pula distribusi mikroplastik tersebut. Lima (5) stasiun tersebut meliputi dermaga, kawasan ekowisata *mangrove*, tambak, muara sungai, dan laut terbuka.

1.2 Rumusan Masalah

Saat ini, sampah menjadi salah satu masalah besar yang membutuhkan penanganan serius. Masalah sampah tidak hanya terjadi di Indonesia melainkan di seluruh dunia. Sampah yang paling meningkat persentasenya berasal dari sampah berbahan plastik. Sampah plastik yang telah berada di alam terutama di perairan laut akan membutuhkan waktu yang lama dalam proses degradasinya. Dalam proses degradasinya, plastik tidak akan hilang begitu saja tetapi menjadi partikel-partikel kecil yang dikenal dengan mikroplastik. Mikroplastik menjadi salah satu jenis sampah plastik yang berbahaya karena ukurannya yang berkisar antara 0.3 mm - >5 mm (Eriksen *et al.*, 2013).

Perairan Wonorejo merupakan bagian dari Pantai Timur Surabaya yang dilalui oleh sungai Jagir. Pada sepanjang sungai Jagir, terdapat banyak area dengan berbagai macam kegiatan manusia meliputi industri, pemukiman, pertambakan, pemancingan ikan, dan masih banyak lagi. Sungai Jagir juga melewati kawasan ekowisata *mangrove* Wonorejo yang ramai dikunjungi oleh para pengunjung terutama saat hari libur. Berdasarkan adanya aktivitas-aktivitas manusia tersebut, potensi sampah yang dihasilkan juga akan semakin banyak. Hal tersebut dapat dilihat dari kondisi sungai yang berwarna cokelat, kotor, dan banyak ditemukan sampah terutama sampah plastik. Selain itu, faktor hidrodinamika seperti arus dan pasang surut juga mempengaruhi keberadaan sampah di sepanjang sungai yang bermuara ke Pantai Timur Surabaya. Menurut Tsang *et al.* (2017), pemilihan lokasi menjadi unsur penting dalam mengetahui kelimpahan sampah plastik terutama mikroplastik karena setiap lokasi memiliki sumber pencemar yang berbeda-beda.



Oleh karena itu, lokasi penelitian atau stasiun yang dipilih meliputi dermaga kawasan ekowisata mangrove, tambak, muara sungai, dan laut terbuka. Hal tersebut dilakukan karena masing-masing lokasi memiliki tingkat pencemar dan faktor pencemar yang berbeda.

Berdasarkan uraian diatas, maka dapat diperoleh beberapa rumusan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Bagaimana jenis mikroplastik yang ditemukan pada sedimen dan perairan di Wonorejo, Pantai Timur Surabaya?
2. Bagaimana distribusi mikroplastik pada sedimen dan perairan di Wonorejo, Pantai Timur Surabaya?

1.3 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Mengidentifikasi jenis mikroplastik yang ditemukan pada sedimen dan perairan di Wonorejo, Pantai Timur Surabaya.
2. Mengetahui distribusi mikroplastik pada sedimen dan perairan di Wonorejo, Pantai Timur Surabaya.

1.4 Manfaat

Manfaat yang akan didapatkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Mahasiswa memperoleh ilmu tentang identifikasi dan distribusi mikroplastik selama kegiatan penelitian dilakukan, dapat mengetahui tahap-tahap selama pengambilan sampel sedimen dan air di perairan Wonorejo, Pantai Timur Surabaya, serta mengetahui tahap-tahap dalam identifikasi mikroplastik.
2. Mahasiswa dan masyarakat memperoleh informasi ilmiah tentang jenis dan distribusi mikroplastik pada sedimen dan perairan di sekitar perairan Wonorejo, Pantai Timur Surabaya sehingga hal tersebut dapat dijadikan sebagai pedoman dalam meningkatkan kesadaran akan pentingnya menjaga



kebersihan serta mengurangi penggunaan plastik dalam kehidupan sehari-hari.

3. Pengelola kawasan ekowisata *mangrove* memperoleh informasi mengenai mikroplastik yang dapat dijadikan pedoman dalam menjaga *mangrove-mangrove* yang ada dari keberadaan sampah terutama sampah plastik.

4. Mahasiswa memperoleh informasi baru yang dapat dijadikan sebagai bahan referensi mengenai mikroplastik di Indonesia untuk penelitian-penelitian selanjutnya.



II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Sampah Laut

Sampah laut atau yang biasa disebut dengan *marine debris* menjadi salah satu permasalahan global yang dapat mengancam kehidupan organisme laut, ekosistem, kesehatan manusia, keselamatan, dan ekonomi (UNEP, 2014).

Sampah laut merupakan bahan bersifat padat dan persisten yang dihasilkan dari aktivitas manusia secara langsung maupun tidak langsung. Sampah-sampah tersebut berasal dari barang-barang yang dibuang di darat meliputi botol yang terbuat dari plastik, tas, karet, kaleng, logam, balon, *fiberglass*, puntung rokok, dan bahan-bahan lainnya yang berakhir di laut dan terdistribusi di sekitar lingkungan pantai. Selain itu, alat tangkap seperti jaring, kait, tali, pelampung, dan bahan lainnya yang sudah tidak terpakai juga berakhir di laut secara sengaja atau tidak sengaja sehingga menjadi sampah laut (CSIRO, 2014). Saat ini, sampah laut menjadi topik yang menarik untuk diteliti. Hal tersebut dikarenakan banyaknya dampak negatif berbahaya yang dapat mengancam keberlangsungan hidup organisme laut, ekosistem, dan manusia. Salah satu sampah laut yang paling banyak ditemui yakni plastik.

2.2 Karakteristik Sampah Laut

Umumnya, sampah dapat dibedakan menjadi tiga (3) macam yakni sampah gas, cair, dan padat. Sementara itu, dalam hal membedakan sampah laut dapat dilihat berdasarkan tipe atau jenisnya (Lippiatt *et al.*, 2013). Sampah laut memiliki beberapa jenis yang dapat dibedakan berdasarkan Tabel 1.

Tabel 1. Sampah Laut berdasarkan Jenisnya (Sumber : Lippiatt *et al.*, 2013)

No.	Jenis Sampah Laut
1.	Plastik
2.	Logam
3.	Kaca
4.	Karet
5.	Kayu
6.	Pakaian

Berdasarkan ukurannya, sampah laut dibagi menjadi lima (5) macam yakni megadebris yang berukuran lebih dari 1 m, makrodebris yang berukuran antara 2,5 cm sampai 1 m, mesodebris yang berukuran antara 5 mm sampai 2,5 cm, mikrodebris yang berukuran antara 0,33 sampai 5 mm, dan nanodebris yang berukuran sangat kecil yakni kurang dari 1 μm (Lippiatt *et al.*, 2013).

2.3 Plastik

Sekitar 4,8 – 12,7 juta ton/m³ jenis sampah plastik masuk ke wilayah perairan laut setiap tahunnya. Faktor-faktor yang menyebabkan banyaknya sampah plastik yakni kurangnya sistem pengelolaan limbah padat secara efektif, pengolahan air limbah yang tidak memadai, tanggung jawab sosial perusahaan yang tidak memadai, banyaknya sampah yang dibuang dengan sembarangan, dan bencana alam (Browne *et al.*, 2011). Keberadaan sampah laut berupa plastik secara dominan berasal dari berbagai sumber berbasis laut dan darat yang sebagian besar didasarkan pada pola produksi dan konsumsi manusia (Eriksen *et al.*, 2013). Sampah plastik berpotensi menjadi ancaman yang dapat meningkat dan berbahaya bagi kesehatan manusia, ekonomi, habitat perairan, satwa liar, dan berbagai lingkungan air tawar maupun air laut.

Masih terdapat banyak kesenjangan pengetahuan yang berkaitan dengan sumber, jalur, komposisi, pola distribusi, dan dampak yang ditimbulkan dari partikel-partikel plastik. Keberadaan sampah laut yang ada perlu dikurangi karena dapat mempengaruhi hewan-hewan laut yang berinteraksi dengan sampah laut secara langsung maupun tidak langsung (Filho *et al.*, 2019). Plastik terbuat dari



bahan-bahan kimia yang kontaminan dan berbahaya seperti *polychlorinated biphenyl* (PCBs), *polycyclic aromatic hydrocarbon* (PAH), *petroleum hydrocarbon*, *organochlorine pesticides*, *polybrominated diphenylethers*, *alkylphenol*, dan *bisphenol*. Bahan-bahan kimia tersebut berefek kronis bagi organisme laut seperti gangguan endokrin (Teuten *et al.*, 2009).

2.3.1 Pengertian Mikroplastik

Mikroplastik merupakan salah satu limbah plastik yang paling berbahaya bagi ekosistem laut. Mikroplastik menjadi salah satu jenis dari sampah laut yang berukuran mikro. Apabila jumlah mikroplastik menumpuk dalam jumlah banyak di suatu lingkungan perairan laut, maka dapat menyebabkan terganggunya ekosistem disana. Mikroplastik memiliki potensi yang lebih serius jika dibandingkan dengan material plastik lainnya (Citrasari *et al.*, 2012). Mikroplastik terdiri atas beberapa polimer yakni *polypropylene*, *polyethylene*, *polystyrene*, *polyester*, dan *polyvinyl chloride* (Browne *et al.*, 2011; Claessens *et al.*, 2011; Cole *et al.*, 2011) yang dihasilkan dari penggunaan plastik seperti botol, kantong, dan wadah yang mengalami berbagai macam proses fisik dan kimia sehingga berubah menjadi partikel-partikel kecil (Cole *et al.*, 2011).

Mikroplastik berukuran kurang dari 5 mm dengan berat berkisar antara 0,1 sampai 8,8 mg, berbentuk partikel angular, dan biasanya dominan berwarna biru (Arthur *et al.*, 2008). Mikroplastik berbahaya bagi organisme laut karena bahan-bahan kimia yang terkandung di dalamnya dapat tersalurkan dari air ke organisme melalui rantai makanan. Plastik yang bersifat persisten ketika dicerna oleh organisme laut menyebabkan peningkatan efek toksik di dalam tubuh. Efek jangka panjangnya terhadap lingkungan dan organisme laut sangat berbahaya sehingga diperlukan adanya pemantauan rutin terkait mikroplastik (Barasarathi, 2014).

Mikroplastik memiliki kemampuan untuk berakumulasi di sungai, danau, dan



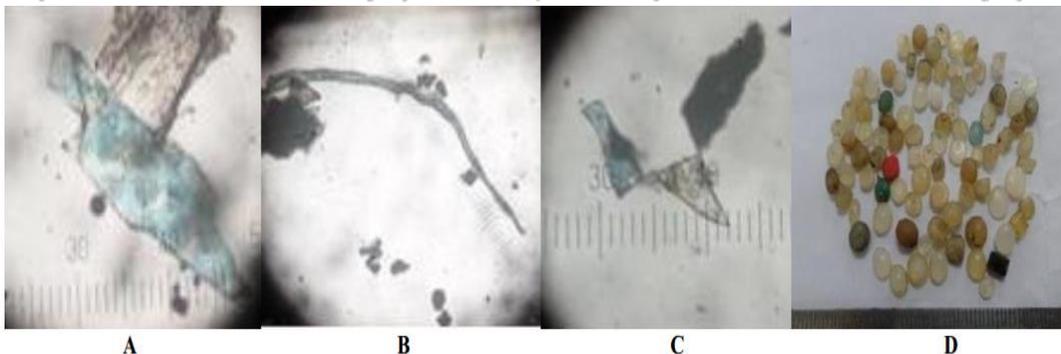
lingkungan laut di seluruh dunia karena sifat-sifatnya yang memiliki daya apung dan daya tahan yang luar biasa (Jungnickel *et al.*, 2016).

2.3.2 Jenis Mikroplastik

Mikroplastik memiliki empat jenis meliputi *fiber*, *fragment*, *filament*, dan *pellet*. Jenis mikroplastik tersebut dapat diketahui berdasarkan bentuknya. Bentuk mikroplastik erat kaitannya dengan organisme pelagis karena mempengaruhi proses pencernaan (Boerger *et al.*, 2010). *Fiber* menjadi jenis mikroplastik yang paling sering ditemukan. *Fiber* berasal dari alat tangkap seperti jaring dan alat pancing serta pakaian yang digunakan sehari-hari. *Fragment* berasal dari produk yang telah terpotong dan kekuatan dari polimer sintesisnya sangat baik. *Fragment* ini biasanya didapatkan dari daerah-daerah yang terdapat banyak botol minum, toples sisa, galon, map mika, dan alat rumah tangga lainnya yang terbuang.

Filament terdiri atas susunan polimer plastik sekunder yang dihasilkan melalui proses fragmentasi kantong plastik berdensitas rendah. Sementara itu, *pellet* merupakan partikel bahan baku industri yang diangkut ke tempat produksi dimana dihasilkan dari proses peleburan dan pencetakan ke dalam produk akhir.

Berdasarkan bentuknya, *fiber* biasanya berbentuk memanjang, *fragment* berbentuk tidak beraturan, *filament* berbentuk kotak atau persegi panjang, dan *pellet* berbentuk bulat (Hastuti *et al.*, 2014). Menurut Hastuti *et al.* (2014), jenis mikroplastik dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Jenis Mikroplastik A. *Filament*, B. *Fiber*, C. *Fragment*, D. *Pellet*

(Sumber : Hastuti *et al.*, 2014)



2.3.3 Warna Mikroplastik

Mikroplastik memiliki warna bermacam-macam meliputi warna putih kristal, merah, ungu, transparan, biru, hijau, oranye, cokelat, hitam, abu-abu, merah muda, krem, dan kuning (Hidalgo-Ruz *et al.*, 2012). Warna berkaitan erat dengan kelimpahan mikroplastik di suatu lokasi penelitian. Warna yang paling banyak ditemukan yakni warna hitam dan putih yang dihasilkan dari proses degradasi makroplastik seperti botol dan kantong plastik (Manalu, 2017). Warna-warna yang ditemukan pada mikroplastik dapat dipastikan berasal dari warna asli sumbernya seperti benang pakaian dari sisa cucian, rayon, botol, dan kantong plastik. Warna putih pada mikroplastik sangat sulit dibedakan dengan *plankton* sehingga sangat berbahaya jika dikonsumsi oleh organisme laut terutama yang hidup di kolom perairan (Moore, 2008). Warna-warna mikroplastik yang mirip dengan mangsanya dapat berbahaya jika dikonsumsi dan terakumulasi di tubuh (Andrady, 2011).

Menurut Crawford dan Quinn (2017), perbedaan warna mikroplastik tergantung pada komposisi bahan penyusunnya. Macam-macam warna pada mikroplastik dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Warna Mikroplastik (Sumber : Crawford dan Quinn, 2017)

Warna	Singkatan
Any Colour	ALL
All Opaque	AO
All Transparant	AP
Amber	AM
Beige	BG
Blue	BL
Black	BK
Bronze	BZ
Charcoal	CH
Clear	CL
Dark	DK
Gold	GD
Green	GN
Grey	GY
Ivory	IV
Light	LT
Metallic	MT
Olive	OL



Opaque
Orange
Pink
Purple
Red
Silver
Speckled
Tan
Turquoise
Violet
White
Yellow

OP
OR
PK
PR
RD
SV
SP
TN
TQ
VT
WT
YL

Mikroplastik dapat dilihat berdasarkan kriteria yang dideskripsikan oleh Hidalgo-Ruz *et al.* (2012) melalui Tabel 3.

Tabel 3. Jenis Mikroplastik (Sumber : Hidalgo-Ruz *et al.*, 2012)

Jenis Mikroplastik	Fiber	Fragment	Filament	Pellet
Bentuk	Tipis memanjang seperti serat benang	Tak beraturan, memanjang bergerigi di sisi-sisinya	Tipis dan hampir menyerupai segi empat sempurna	Kebanyakan ditemukan dalam bentuk hampir menyerupai lingkaran
Sumber	Alat penangkapan ikan seperti jaring dan alat pancing	Plastik yang digunakan manusia	Umumnya berasal dari kantong plastik yang terdegradasi	Plastik yang dihasilkan dari produksi
Warna	Putih kristal, merah, ungu, transparan, biru, hijau, oranye, cokelat, hitam, abu-abu, merah muda, kuning, krem			
Erosion	Permukaan tidak beraturan, hasil degradasi dari plastik yang memiliki ukuran lebih besar, perubahan warna dan bentuk.			

Pada saat dilakukan identifikasi mikroplastik, terdapat beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam menentukan jenis mikroplastik yang diteliti. Hal tersebut seperti yang dilakukan oleh Mohamed Nor dan Obbard (2014) pada penelitiannya sebagai berikut.

1. Struktur seluler tidak terlihat.
2. Panjangnya memiliki serat yang tebalnya sama.
3. Partikelnya memiliki warna yang homogen.



4. Tidak tersegmentasi pada bagian seratnya dan terlihat seperti pita datar yang diputar-putar.

5. Partikelnya memiliki warna yang tidak mengkilap.

2.3.4 Dampak Mikroplastik

Mikroplastik yang terdapat di sedimen maupun perairan berpengaruh terhadap keberlangsungan hidup organisme laut seperti merusak organ pencernaan, menghambat pertumbuhan dan produksi enzim, menurunkan kadar hormon, mempengaruhi sistem reproduksi hingga yang paling fatal yakni menyebabkan kematian (Wright *et al.*, 2013). Dampak yang ditimbulkan dari adanya sampah plastik yang mengkontaminasi sedimen dan perairan dipengaruhi oleh ukurannya. Sampah plastik yang memiliki ukuran kecil tentunya lebih berpotensi menimbulkan dampak negatif lebih besar dibandingkan dengan sampah berukuran besar. Mikroplastik yang berukuran kecil akan tertelan oleh organisme laut dan hal tersebut dapat menyebabkan terganggunya sistem pencernaan tubuh (Boerger *et al.*, 2010).

Sampah plastik berukuran kecil berasal dari alat tangkap jaring dan pancing.

Plastik ukuran kecil akan dengan mudah masuk ke tubuh organisme tingkat rendah dimana beraneka macam komunitas mikroba termasuk heterotrof, autototrof, predator, dan simbiosis telah tercemar mikroplastik (Zettler *et al.*, 2013).

Mikroplastik dapat menjadi agen patogen yang memiliki potensi membawa spesies mikroba ke perairan sehingga dikhawatirkan akan terakumulasi di tingkat trofik yang rendah. Organisme di tingkat trofik yang rendah akan dikonsumsi oleh tingkat trofik yang lebih tinggi hingga berakhir di manusia melalui rantai makanan dan hal tersebut dapat mempengaruhi kesehatan tubuh (Rochman *et al.*, 2015).



2.3.5 Sumber Mikroplastik

Mikroplastik berasal dari sumber primer dan sumber sekunder. Sumber primer mikroplastik meliputi limbah yang berasal dari pemukiman dan industri.

Sementara itu, sumber sekunder meliputi air kotor dari serat-serat pakaian yang dicuci. Mikroplastik akan semakin bertambah seiring dengan berjalannya waktu karena adanya proses degradasi sampah makro secara berkelanjutan. Distribusi mikroplastik di wilayah laut masih belum diketahui secara pasti tetapi keberadaannya dapat ditentukan dengan adanya faktor yang mendorong pergerakannya seperti arus dan pasang surut (Victoria, 2016).

Mikroplastik terbagi menjadi dua (2) jenis yakni mikroplastik primer dan mikroplastik sekunder. Mikroplastik primer memiliki ciri saat masuk ke perairan laut akan langsung berukuran mikro seperti sabun wajah, deterjen, dan limbah aksesoris kecantikan seperti kosmetik (Moore *et al.*, 2011). Sementara itu, mikroplastik sekunder bersumber dari hasil degradasi plastik yang menjadi partikel-partikel kecil dan mengalami proses fragmentasi (Arthur *et al.*, 2008).

Mikroplastik primer berasal dari limbah proses produksi plastik atau daur ulang, peledakan pasir, dan partikel-partikel pembersih mikro dalam produk perawatan pribadi. Mikroplastik sekunder berasal dari serpihan-serpihan plastik seperti dari limbah laut, peralatan pemancingan ikan, limbah pembuangan cucian, bahan kemasan, dan lain-lain (Tiwari *et al.*, 2019). Mikroplastik dari sumber sekunder dapat dikaitkan dengan adanya kepadatan populasi yang lebih tinggi dan sampah laut yang ditemukan di pantai seperti sampah dari plastik (botol, tas, tutup botol).

Selain itu, dapat juga berasal dari adanya sampah hasil kegiatan pariwisata yang terbawa oleh arus. Mikroplastik yang berasal dari sumber sekunder merupakan hasil dari degradasi fisik, kimia, dan biologis di lingkungan laut yang mengarah pada pembentukan mikroplastik sekunder (Yoganandham *et al.*, 2018)



2.3.6 Distribusi Mikroplastik

Sungai menjadi salah satu jalur masuknya mikroplastik ke lingkungan perairan laut. Distribusi mikroplastik dipengaruhi oleh sifat kimia dan fisik dari mikroplastik seperti komposisi kimia, kelimpahan, warna, dan kecepatan arus.

Arus berkaitan erat dengan distribusi mikroplastik. Arus yang pergerakannya tergolong tenang dapat menyebabkan penumpukan mikroplastik pada sedimen

(Coppock *et al.*, 2017). Sementara itu, arus yang memiliki kecepatan sedang hingga kuat dapat membawa mikroplastik dari satu tempat ke tempat lainnya dan

mikroplastik tersebut akan melayang di permukaan laut. Hal tersebut terjadi karena massa jenis mikroplastik lebih ringan jika dibandingkan dengan massa jenis air

laut. Namun, lambat laun mikroplastik akan tenggelam dan mengendap di dasar laut karena pengaruh dari organisme dan partikel lainnya (Browne *et al.*, 2011;

Vianello *et al.*, 2013; Zalasiewicz *et al.*, 2016). Air sungai akan mengalir hingga bermuara ke perairan laut dengan membawa material-material mikroplastik dari

hasil aktivitas manusia. Air sungai dapat mengalir karena adanya pergerakan dari arus (Daruwedho dan Sasmito, 2016).

2.3.5.1 Arus

Arus merupakan pergerakan massa air yang disebabkan oleh angin yang bertiup, densitas yang berbeda, dan gelombang panjang yang bergerak.

Kecepatan arus dikategorikan menjadi lima (5) macam yakni arus sangat cepat dengan kecepatan lebih dari 1 m/s, cepat antara 0,5 sampai 1 m/s, sedang dengan

kecepatan 0,25 sampai 0,5 m/s, lambat dengan kecepatan 0,01 sampai 0,25 m/s, dan sangat lambat dengan kecepatan kurang dari 0,01 m/s (Daruwedho dan

Sasmito, 2016). Kecepatan arus yang berkisar antara 0 – 0,1 m/s memiliki

kemungkinan membawa mikroplastik lebih banyak karena proses fragmentasi berlangsung dengan baik sehingga plastik berukuran besar akan berubah menjadi

ukuran-ukuran kecil (Manalu, 2017). Plastik-plastik yang berubah menjadi ukuran



kecil tidak hanya terbawa hingga ke perairan laut melainkan juga akan mengendap di sedimen. Mikroplastik yang terendap di sedimen memiliki massa jenis yang lebih besar dibandingkan dengan massa jenis air (Woodall et al., 2015). Selain itu, proses *biofouling* dari organisme prokariotik, eukariotik, dan invertebrata juga menyebabkan mikroplastik tenggelam ke dasar (Andrady, 2011). Sedimen bertekstur lunak yang paling banyak ditemukan mikroplastik karena memiliki kemampuan menjerap yang baik (Browne et al., 2011).

Arus juga dipengaruhi oleh keadaan musim yang disebabkan adanya pergerakan angin muson. Saat terjadi angin muson Barat (Desember – Februari), angin akan bertiup dari Barat ke Timur sehingga pergerakan arus terjadi dari Benua Asia ke Benua Australia. Saat terjadi angin muson Timur (Juni – Agustus), angin bertiup dari Timur ke Barat sehingga pergerakan arus terjadi dari Benua Australia ke Benua Asia. Sementara itu, saat musim peralihan terjadi baik peralihan muson Barat ke muson Timur (Maret – Mei) maupun muson Timur ke Muson Barat (September – November), arus akan bergerak tidak teratur dan cenderung terbagi menjadi dua arah yakni dari Benua Asia ke Benua Australia dan dari Benua Australia ke Benua Asia. Rata-rata kecepatan arus pada musim peralihan ini biasanya lemah pada hampir seluruh perairan Indonesia (Daruwedho dan Sasmito, 2016). Oleh karena itu, distribusi mikroplastik juga dapat disebabkan oleh arus yang bergerak akibat pengaruh angin muson ini.

2.3.5.2 Pasang Surut

Pasang surut air laut merupakan fenomena alam yang ditandai dengan peristiwa naik dan turunnya permukaan air laut secara berkala. Hal tersebut terjadi disebabkan oleh gaya gravitasi dari bumi, bulan, dan matahari. Faktor non astronomi yang mempengaruhi terjadinya pasang surut terutama di perairan bertipe semi tertutup seperti teluk yakni bentuk dasar perairan (topografi) dan garis



pantai (Safi' *et al.*, 2017). Pantai pasang surut dan arus yang disebabkan oleh pasang surut memiliki sifat dominan terhadap terjadinya sirkulasi massa air di perairan pesisir. Studi yang mempelajari tentang pasang surut dan sirkulasi arus pasang surut di perairan dapat digunakan untuk mengetahui pergerakan massa air dan faktor-faktor yang berpengaruh terhadap adanya distribusi suatu benda di kolom perairan (Arifin, 2012).

Pasang terdiri atas dua macam yakni pasang purnama dan pasang perbani yang terjadi karena adanya siklus bulan. Pasang purnama ditandai dengan adanya pasang tertinggi dan surut terendah dengan posisi bumi – bulan – matahari berada dalam satu garis lurus. Sementara itu, pasang perbani ditandai dengan pasang terendah dan surut tertinggi dengan posisi bumi – bulan – matahari saling tegak lurus membentuk sudut 90°. Periode pasang surut antara 12 jam 25 menit hingga 24 jam 50 menit dan terjadi selama 14 hari. Hal tersebut dapat dilihat berdasarkan satu puncak dan satu lembahnya (Fujaya dan Alam, 2012). Pasang surut dapat mempengaruhi peningkatan salinitas di muara sungai karena tercampur air asin yang berasal dari perairan laut dan hal tersebut juga berpengaruh terhadap kelimpahan plankton (Purwanti *et al.*, 2011).

2.4 Penelitian Terdahulu

Penelitian-penelitian tentang mikroplastik di sedimen maupun perairan sudah pernah dilakukan sebelumnya. Adapun penelitian-penelitian terdahulu dijelaskan melalui Tabel 4.

Tabel 4. Daftar Beberapa Penelitian Terdahulu

Nama Penulis	Judul Penelitian	Metode	Hasil
Wulan Cahya Ayuningtyas, Defri Yona, Syarifah Hikmah, Julinda S.,	Kelimpahan Mikroplastik pada Perairan di Banyuurip, Gresik, Jawa Timur	Metode pengambilan sampel menggunakan <i>purposive sampling</i> .	Hasil penelitian menunjukkan rata-rata total kelimpahan mikroplastik sebesar $57,11 \times 10^2$ partikel/m ³ pada perairan dan



Nama Penulis	Judul Penelitian	Metode	Hasil
dan Feni Iranawati, 2019		<p>Pengambilan dilakukan pada 5 lokasi <i>sampling</i> yang berbeda yakni :</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Tempat Pelelangan Ikan (TPI) 2. <i>Mangrove</i> 3. Tambak 4. Muara Sungai 5. Laut Lepas <p>Pengambilan sampel tersebut dilakukan dengan 3 kali ulangan pada masing-masing lokasi.</p> <p>Metode statistika menggunakan uji ANOVA <i>One Way</i></p>	<p>sebesar 27,3 x 10² partikel/kg pada sedimen. Jenis yang paling banyak ditemukan yakni <i>fragment</i> pada sedimen <i>mangrove</i>. Ditemukan adanya pengaruh antara kelimpahan mikroplastik pada sedimen dan perairan. Partikel mikroplastik yang ditemukan pada sedimen diduga dapat berasal dari partikel yang ada di air karena perpindahan mikroplastik secara vertikal dari badan air dan mengendap pada sedimen.</p>
Intan Sari Dewi, Anugrah Aditya Budiarsa, dan Irwan Ramadhan Ritonga, 2015	Distribusi Mikroplastik pada Sedimen di Muara Badak, Kabupaten Kutai Kartanegara	<p>Pengambilan sampel sedimen mikroplastik dengan metode <i>purpose sampling</i>.</p> <p>Metode statistika menggunakan ANOVA.</p>	<p>Jenis mikroplastik yang ditemukan pada lokasi Muara Badak meliputi <i>fiber</i>, <i>filament</i>, dan <i>fragment</i>. Pada stasiun 1 ditemukan fiber dengan kisaran 43,1 – 50,9 partikel/kg, <i>filament</i> berkisar 69,6 – 79,9 partikel/kg, dan <i>fragment</i> dengan kisaran 100,2 – 201,3 partikel/kg. Pada stasiun 2 ditemukan jenis <i>fiber</i> dengan kisaran 48,8 – 75,2 partikel/kg, <i>filament</i> berkisar 53,2 – 81,9 partikel/kg, dan <i>fragment</i> berkisar 146,5 – 238,8 partikel/kg. Pada stasiun 3 ditemukan <i>fiber</i> berkisar 26,1 – 39,9 partikel/kg, <i>filament</i> berkisar 107,7 – 126,5 partikel/kg, dan <i>fragment</i> berkisar 204,2</p>

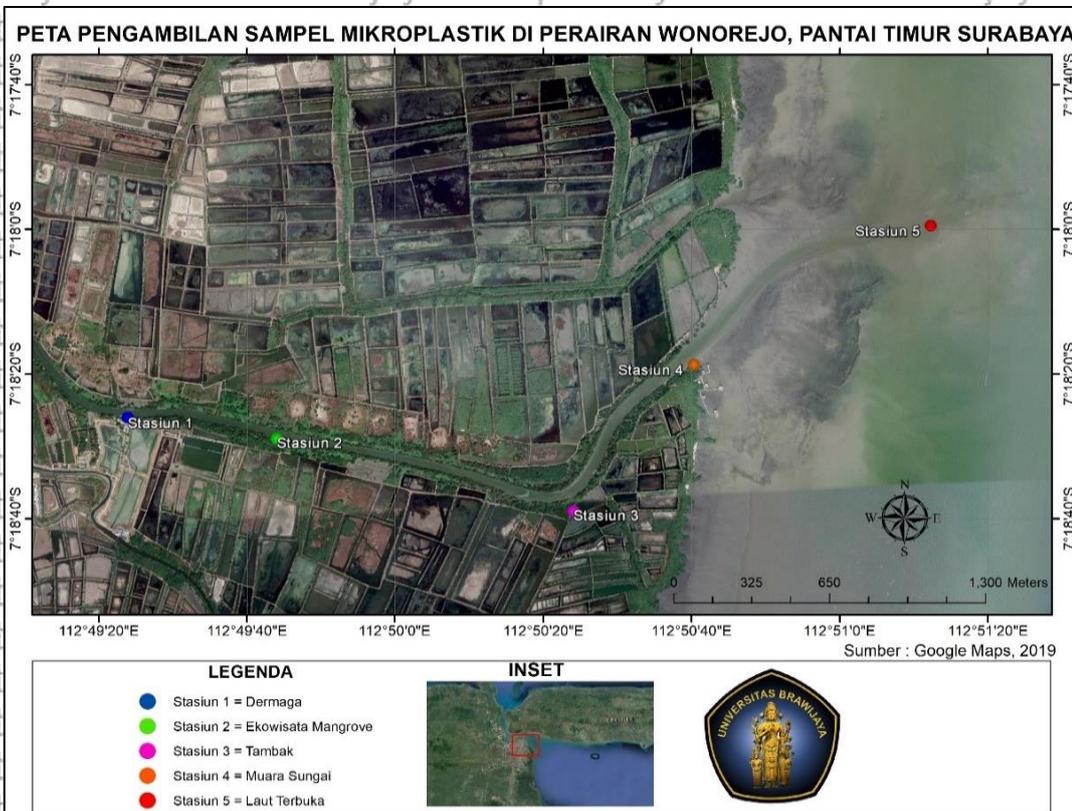


Nama Penulis	Judul Penelitian	Metode	Hasil
Ayu Ramadhini Hastuti, Fredinan Yulianda, dan Yusli Wardiatno, 2014	Distribusi Spasial Sampah Laut di Ekosistem Mangrove Pantai Indah Kapuk, Jakarta	Data primer diperoleh dari hasil observasi langsung di lapang (<i>in situ</i>). Analisis sampel dilakukan di laboratorium (<i>ex situ</i>).	Sedimen mangrove mampu merangkap mikroplastik hingga kedalaman 30 cm. Hal tersebut tidak terlalu dipengaruhi oleh perbedaan kelimpahan secara signifikan dan sedimen mangrove tidak berpengaruh terhadap terjadinya proses fragmentasi makroplastik ke mikroplastik.
Fakhri Akbar Sigit, 2019	Studi Distribusi Mikroplastik Akibat Pengaruh Pergerakan Arus di Permukaan Perairan Sendang Biru, Malang Pada Musim Peralihan II Tahun 2018	Metode pengambilan sampel menggunakan <i>purposive sampling</i> . Metode analisis data menggunakan uji regresi linear	Pola pergerakan arus musiman mampu mempengaruhi keberadaan mikroplastik dimana jenis mikroplastik yang banyak ditemukan yakni <i>fiber</i> , <i>fragment</i> , dan <i>filament</i> dengan nilai kelimpahan yang cukup tinggi (5755,56 partikel/m ³). Sementara itu, hubungan antara distribusi kelimpahan mikroplastik dengan arus menunjukkan nilai <i>p-value</i> 0,085. Hal tersebut menunjukkan jika permukaan perairan memiliki arus yang tenang, maka nilai kelimpahan mikroplastiknya akan jauh lebih besar.

III. METODOLOGI

3.1 Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Perairan Wonorejo, Pantai Timur Surabaya, Jawa Timur pada 8 September 2019. Pemilihan titik lokasi atau stasiun untuk mengambil sampel sedimen dan air dilakukan berdasarkan metode *purposive sampling* sehingga masing-masing titik lokasi atau stasiun tersebut dapat mewakili kondisi yang berbeda-beda. Lokasi pengambilan sampel ini dibagi menjadi lima (5) titik lokasi atau stasiun pada Gambar 2. yang dijelaskan melalui Tabel 5. Sementara itu, pengamatan dan analisis hasil sampel sedimen dan air dilakukan di Laboratorium Penyakit dan Kesehatan Ikan, Gedung D lantai 1 dan Laboratorium Keamanan dan Bioteknologi Perairan, Gedung C lantai 1, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Brawijaya, Malang pada 10 – 21 September 2019.



Gambar 2. Peta Pengambilan Sampel Mikroplastik



Tabel 5. Lokasi Penelitian

Stasiun	Titik Koordinat	Kondisi Umum
1	-7.307254° 112.823312°	Stasiun ini merupakan dermaga kapal dan perahu yang membawa para pengunjung Ekowisata <i>Mangrove</i> Wonorejo berkeliling menyusuri sungai. Pada area ini banyak ditemukan sampah kemasan plastik yang mengapung di sekitar sungai dekat dermaga.
2	-7.308056° 112.828906°	Stasiun ini merupakan kawasan ekowisata <i>mangrove</i> yang banyak dikunjungi oleh para pengunjung terutama pada hari libur. Kawasan ini dilalui oleh sungai Wonorejo yang melewati beberapa area seperti pemukiman, pertambakan, dan dermaga. Selain itu, kawasan ini juga mendapatkan pengaruh hidrodinamika seperti arus dan pasang surut dari perairan Pantai Timur Surabaya. Oleh karena itu, pada beberapa titik dapat ditemukan sampah seperti botol plastik dan bungkus kemasan yang diduga berasal dari pengaruh hidrodinamika dan para pengunjung. Organisme yang banyak ditemukan yaitu kepiting, ikan kecil, dan burung bangau.
3	-7.310812° 112.840023°	Stasiun ini merupakan salah satu area tambak yang terletak dekat sungai yang berkelok dan pada sisi-sisinya terdapat <i>mangrove</i> .
4	-7.305200° 112.844509°	Stasiun ini merupakan muara sungai yang menjadi tempat bertemunya sungai Wonorejo dengan perairan Pantai Timur Surabaya. Pada stasiun ini ditemukan beberapa orang yang datang untuk memancing ikan. Muara sungai ini memiliki warna cokelat keruh dan arus yang terdapat disini cukup kuat. Pada sepanjang muara, terdapat sampah-sampah yang tersangkut di beberapa pohon <i>mangrove</i> .
5	-7.299845° 112.853427°	Stasiun ini merupakan laut terbuka yang termasuk ke dalam Pantai Timur Surabaya. Perairannya berwarna cokelat serta memiliki arus dan gelombang yang tidak terlalu kuat (sedang).

3.2 Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan berperan penting dalam keberhasilan suatu penelitian. Alat dan bahan digunakan pada saat penelitian di lapang maupun



pengolahan data di laboratorium. Alat yang digunakan saat penelitian dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Alat Penelitian

No.	Alat	Kegunaan
Alat Lapang		
1.	Pipa Paralon 30 cm	Mengambil sampel sedimen di ekosistem <i>mangrove</i>
2.	<i>Ekman Grab</i>	Mengambil sampel sedimen di perairan
3.	GPS (<i>Global Positioning System</i>)	Mengetahui titik lokasi pengambilan sampel
4.	<i>Current Meter</i> FP211	Mengukur kecepatan arus
5.	Kompas	Menentukan arah mata angin
6.	<i>Smartphone iPhone 5s</i>	Mendokumentasikan kegiatan penelitian
7.	<i>Plankton Net</i> (Mesh 0,025 mm)	Mengambil sampel air
8.	Wadah Kaca (500 ml)	Menyimpan sampel sedimen
9.	Botol <i>Polyethylene</i> (500 ml)	Menyimpan sampel air
10.	Ember (5 L)	Mengambil air laut yang dimasukkan ke <i>plankton net</i>
11.	Sendok <i>Stainless Steel</i>	Mengambil sampel sedimen <i>mangrove</i>
Alat Laboratorium		
12.	<i>Hot Plate Stirrer</i>	Memanaskan dan menghomogenkan sampel
13.	<i>Magnetic Stir Bar</i>	Menghomogenkan sampel
14.	Mikroskop <i>Olympus CX 21</i>	Mengidentifikasi mikroplastik
15.	Timbangan Digital	Menimbang sampel
16.	Spatula Besi	Mengaduk dan mengambil sampel
17.	Pipet Tetes (1 ml)	Mengambil larutan dalam skala kecil
18.	<i>Beaker Glass</i> (500 ml)	Menempatkan larutan sampel
19.	Cawan Petri	Menyimpan sampel yang telah tersaring pada kertas saring <i>Whatman</i>
20.	Wadah Kaca (250 ml)	Menempatkan sampel sedimen dan air
21.	<i>Oven</i>	Mengeringkan sampel sedimen
22.	Kertas Saring <i>Whatman</i> (0,045 mm dan 5 mm)	Menyaring sampel
23.	Pinset	Memisahkan mikroplastik dengan bahan organik
24.	Jarum <i>Loop</i>	Memilah mikroplastik yang ditemukan pada sampel
25.	Loyang	Menempatkan sampel sedimen yang akan dipanaskan di dalam <i>oven</i>
26.	<i>Vacuum Pump</i>	Mempercepat proses penyaringan <i>supernatant</i> sampel
27.	<i>Washing Bottle</i>	Menempatkan aquadest
28.	Corong Kaca	Membantu proses pemisahan <i>supernatant</i>

Bahan yang digunakan saat penelitian lapang dan laboratorium dapat dilihat pada Tabel 7.



Tabel 7. Bahan Penelitian

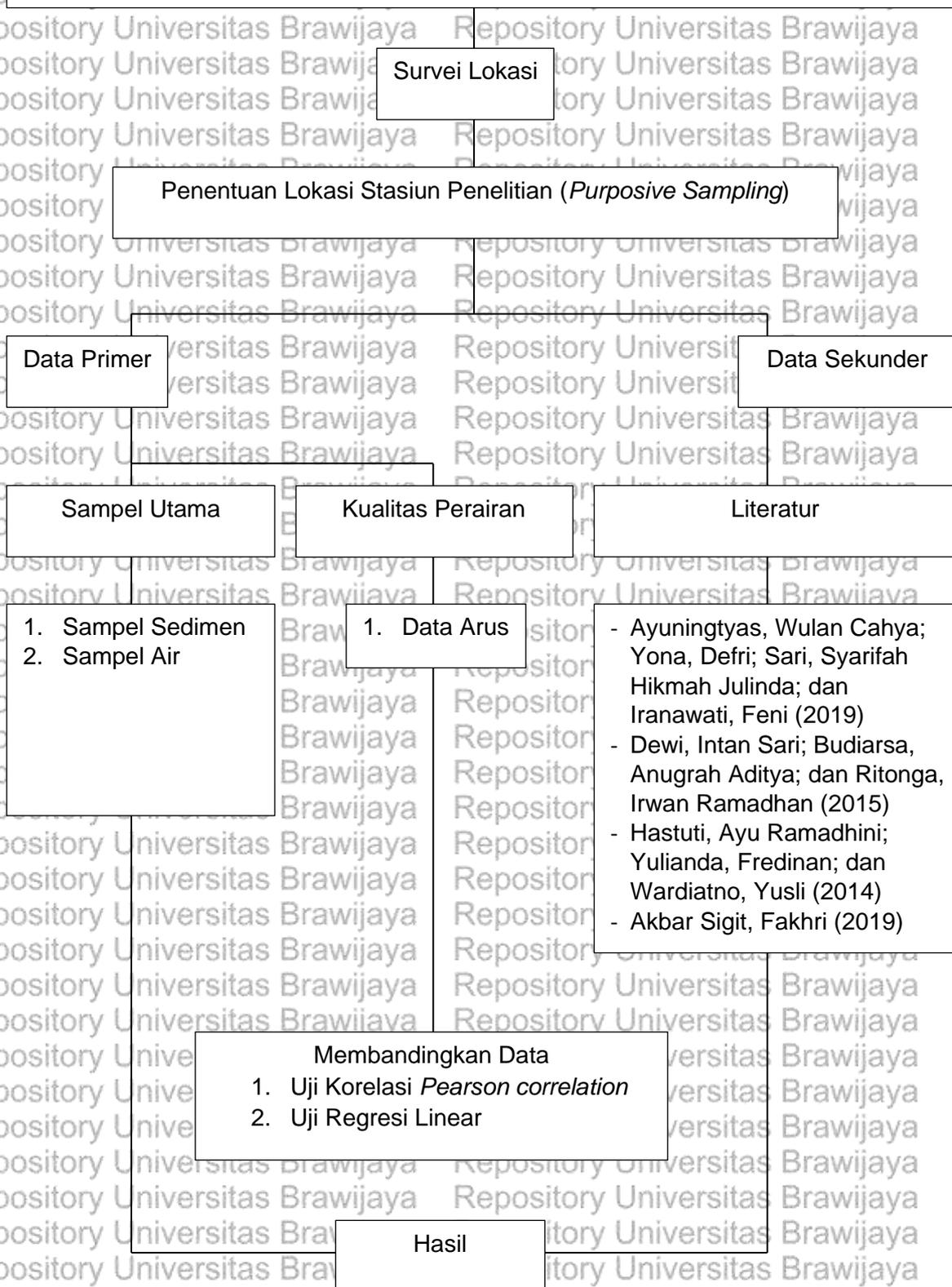
No.	Bahan	Kegunaan
1.	Sampel Sedimen	Bahan penelitian
2.	Sampel Air	Bahan penelitian
3.	<i>Aquadest</i>	Kalibrasi alat
4.	<i>Tissue</i>	Membersihkan dan mengeringkan alat
5.	Kertas Label	Menandai sampel
6.	Larutan NaCl	Menaikkan keberadaan mikroplastik yang ditambahkan pada sampel sedimen setelah ditetesi H ₂ O ₂
7.	Larutan H ₂ O ₂	Menghilangkan bahan organik pada sampel sedimen
8.	Ethanol 70%	Memisahkan mikroplastik pada sampel air
9.	<i>Aluminium Foil</i>	Wadah sampel saat dipanaskan di oven

3.3 Prosedur Penelitian

Data yang digunakan terdiri atas data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh dari pengambilan sampel sedimen dan air di lapang yang selanjutnya dilakukan analisis di laboratorium. Sementara itu, data sekunder diperoleh dari hasil studi literatur sebagai data pembandingan. Perbandingan atau pengecekan hasil analisis perlu dilakukan agar kesesuaian data yang diperoleh hasilnya lebih besar. Sumber pengecekan yang dapat digunakan berupa hasil-hasil dari penelitian terdahulu serta hasil pengambilan data kualitas perairan berupa arus dimana hal tersebut dapat berpengaruh terhadap jenis dan distribusi mikroplastik.

Prosedur penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 3.

IDENTIFIKASI JENIS DAN DISTRIBUSI MIKROPLASTIK PADA SEDIMEN DAN PERAIRAN DI WONOREJO, PANTAI TIMUR SURABAYA



Gambar 3. Prosedur Penelitian



3.4 Metode Penelitian

Metode pada penelitian ini menggunakan metode deskriptif untuk mengetahui jenis mikroplastik berdasarkan warna dan kelimpahannya. Sementara itu, metode *purposive sampling* digunakan saat pengambilan sampel agar didapatkan mikroplastik yang beragam dalam satu kali pengambilan sampel. Metode yang digunakan untuk analisis statistika yakni uji korelasi dengan metode *Pearson correlation* untuk mengetahui hubungan kelimpahan mikroplastik pada sedimen dan perairan serta uji regresi linear untuk mengetahui distribusi mikroplastik dengan batas selang kepercayaan α (0,05) menggunakan *software Minitab 17*. Sebelum dilakukan kegiatan penelitian di lapang, pedoman dari literatur yang telah dipelajari sangat diperlukan. Hal tersebut dilakukan agar hasil yang didapatkan sesuai dengan metode yang telah dipelajari. Selanjutnya, dilakukan survei lokasi untuk menentukan titik lokasi penelitian pada setiap stasiun yang sesuai dengan koordinat. Setelah didapatkan titik lokasi penelitian yang diinginkan lalu dilakukan pengambilan sampel sedimen dan air sebagai data primer yang kemudian dilanjutkan dengan analisis sampel di laboratorium.

3.5 Pengambilan Data Lapang

Pengambilan data lapang meliputi pengambilan sampel sedimen, sampel air, dan data parameter perairan. Pengambilan data parameter perairan dilakukan sebagai data pendukung dari data primer (sampel sedimen dan sampel air) untuk identifikasi mikroplastik. Pengambilan data tersebut dijelaskan pada sub bab berikut.

3.5.1 Pengambilan Sampel Sedimen

Pada saat pengambilan sampel sedimen digunakan pipa paralon untuk mengambil sampel sedimen *mangrove* dengan kedalaman antara 0 – 20 cm (Dewi *et al.*, 2015). Penentuan kedalaman saat pengambilan sampel sedimen penting



dilakukan karena diharapkan nantinya mikroplastik yang didapatkan lebih banyak dengan jenis yang beragam. Sementara itu, pengambilan sampel sedimen di perairan dilakukan menggunakan *Ekman grab* (Tsang *et al.*, 2017). Sampel sedimen diambil sebanyak 500 g lalu dimasukkan ke wadah kaca yang telah diberi label menggunakan sendok *stainless steel*. Selanjutnya, sampel tersebut disimpan untuk dilakukan identifikasi di laboratorium.

3.5.2 Pengambilan Sampel Air

Terdapat banyak cara yang dilakukan saat mengambil sampel air laut menggunakan *plankton net* dari mulai ditarik menggunakan kapal, ditenggelamkan, atau dibiarkan mengapung. Hal tersebut terjadi dikarenakan belum ada standar baku yang menjelaskan tata cara *sampling* mikroplastik di perairan (Lusher, 2015). Sampel air diambil pada bagian kolom perairan menggunakan ember berukuran 5 L pada satu kali pengulangan dan pengambilan sampel air dilakukan sebanyak tiga kali pengulangan. Sampel air diambil pada kedalaman ± 50 cm dan disaring menggunakan *plankton net mesh* 0,025 mm yang telah dipasang botol *polyethylene* berukuran 500 ml di bagian mulut bawah. Selanjutnya, *plankton net* didiamkan pada kolom perairan selama 5 menit yang arahnya berlawanan dengan arus. Sampel air yang disaring dilakukan sebanyak tiga kali pengulangan untuk mendapatkan hasil yang sesuai. Sampel air yang terkumpul lalu dimasukkan ke dalam botol *polyethylene* yang telah diberi label (Manalu, 2017). Selanjutnya, sampel disimpan untuk dilakukan identifikasi di laboratorium.

3.5.3 Pengambilan Data Arus

Pengukuran parameter perairan penting untuk dilakukan karena menjadi faktor penentu kelimpahan mikroplastik di suatu perairan. Parameter perairan yang



diukur yakni kecepatan arus menggunakan *current meter* dan arah arus menggunakan kompas pada 17 titik di perairan Wonorejo, Pantai Timur Surabaya.

Menurut Hidayati (2017), pengukuran arus dilakukan menggunakan *current meter* yang dibantu dengan kompas untuk mengetahui sudut arah datang arus dalam derajat. Pada saat pengukuran arus, *current meter* diletakkan 60 cm di bawah permukaan air dengan keadaan mesin kapal atau perahu mati agar didapatkan hasil yang tidak terpengaruh oleh pergerakan kapal atau perahu. Setelah itu, diamati kecepatannya yang tertampil pada layar LCD dan dilakukan analisis menggunakan *software Surfer 10* untuk mengetahui pola pergerakan arusnya.

Pengambilan data arus dilakukan pada 17 titik yang letaknya mewakili stasiun pengambilan sampel sedimen dan air pada identifikasi mikroplastik.

Pengukuran arus diawali pada titik tengah sungai yang letaknya berada di sekitar stasiun dermaga hingga nantinya berakhir pada titik tengah perairan yang letaknya berada di sekitar stasiun laut terbuka. Hal ini dilakukan agar data arus yang diambil

dapat menjadi data yang representatif dengan data pengambilan mikroplastik di lima (5) stasiun. Aliran sungai pada lokasi penelitian juga memiliki kecepatan yang

konstan sebelum mencapai muara sungai yang memiliki kecepatan lebih tinggi dari aliran sungai sebelumnya. Pada sepanjang aliran sungai yang menjadi titik

pengambilan data arus, di sekitar stasiun dermaga ditemukan banyak penjual makanan, sungai kecil, beberapa *mangrove*, dan area tambak. Pada titik yang

diambil di sekitar stasiun ekowisata *mangrove* ditemukan banyak *mangrove* dan area tambak. Pada titik pengambilan data arus di sekitar stasiun tambak

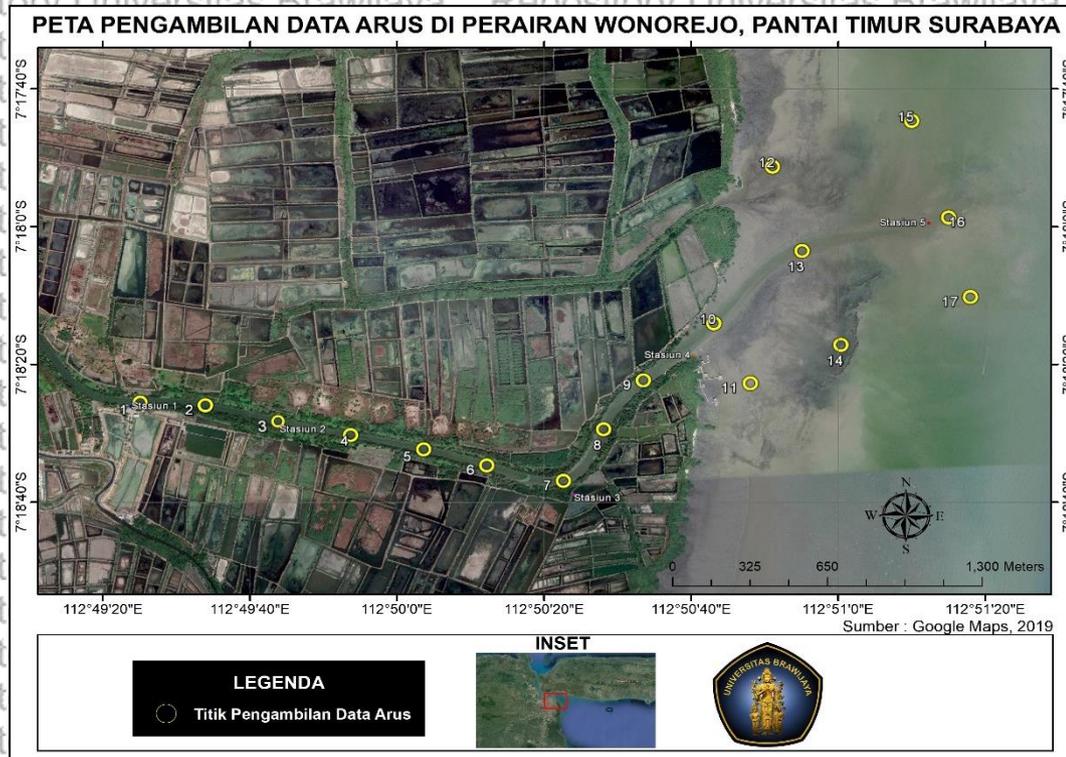
ditemukan *mangrove* di sisi kiri dan kanan serta ditemukan beberapa kegiatan memancing ikan. Pada titik pengambilan data arus di stasiun muara sungai

ditemukan banyak kegiatan memancing ikan dan dermaga tempat berlabuhnya perahu. Sementara itu, pada titik pengambilan data arus di sekitar stasiun laut



terbuka juga ditemukan beberapa aktivitas kapal kecil dan perahu yang lalu lalang.

Hal tersebut yang menjadi alasan penentuan titik pengambilan data arus dapat mewakili kelima stasiun pengambilan sampel mikroplastik. Peta titik pengambilan data arus dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Peta Pengambilan Data Arus

Pengambilan data arus yang dilakukan pada 17 titik ini dijelaskan melalui

Tabel 8.

Tabel 8. Titik Pengambilan Data Arus

Lokasi	Titik Koordinat	Kondisi Lokasi
1	-7.307130° 112.823636°	Terletak di sekitar stasiun dermaga dengan mangrove-mangrove yang tumbuh di sisi kiri dan kanannya.
2	-7.307236° 112.826098°	Terletak di sekitar stasiun dermaga dengan mangrove-mangrove yang tumbuh di sisi kiri dan kanannya serta area tambak di balik mangrove-mangrove yang tumbuh.
3	-7.307881° 112.828845°	Terletak di sekitar stasiun ekowisata mangrove yang terdapat banyak mangrove di sisi-sisi sungai dengan aliran sungai yang tenang.



Lokasi	Titik Koordinat	Kondisi Lokasi
4	-7.308435° 112.831587°	Terletak di sekitar stasiun ekowisata mangrove yang terdapat banyak mangrove di sisi-sisi sungai, area tambak, dan dermaga dengan aliran sungai yang tenang.
5	-7.309010° 112.834349°	Terletak di aliran sungai tenang yang sudah sedikit jauh dengan stasiun mangrove tetapi masih terdapat beberapa mangrove dan area tambak di sisi-sisi sungai.
6	-7.309656° 112.836729°	Terletak di aliran sungai tenang yang sudah jauh dengan stasiun mangrove tetapi masih terdapat beberapa mangrove dan area tambak di sisi-sisi sungai.
7	-7.310275° 112.839620°	Terletak di sungai yang berkelok dengan alirannya yang masih tenang dan ditumbuhi beberapa mangrove di sisi-sisi sungai.
8	-7.308202° 112.841128°	Terletak di aliran sungai tenang yang ditumbuhi beberapa mangrove di sisi-sisi sungai.
9	-7.306234° 112.842620°	Terletak di sungai yang mendekati stasiun muara sungai dengan alirannya yang sudah sedikit lebih tinggi dibandingkan sebelumnya dan masih terdapat mangrove di sisi-sisi sungai.
10	-7.303934° 112.845279°	Terletak di area perairan Pantai Timur Surabaya yang telah melewati stasiun muara sungai dengan aliran yang lebih tinggi dibandingkan sebelumnya tetapi masih tergolong sedang.
11	-7.306352° 112.846661°	Terletak di sisi selatan area perairan Pantai Timur Surabaya yang telah melewati stasiun muara sungai dan dekat dengan gazebo. Gelombang pada lokasi masih tergolong rendah.
12	-7.297578° 112.847506°	Terletak di sisi utara perairan Pantai Timur Surabaya dengan gelombang yang masih tergolong rendah.
13	-7.301000° 112.848622°	Terletak di sisi tengah perairan dengan gelombangnya yang masih tergolong rendah.

Lokasi	Titik Koordinat	Kondisi Lokasi
4	-7.308435° 112.831587°	Terletak di sekitar stasiun ekowisata mangrove yang terdapat banyak mangrove di sisi-sisi sungai, area tambak, dan dermaga dengan aliran sungai yang tenang.
5	-7.309010° 112.834349°	Terletak di aliran sungai tenang yang sudah sedikit jauh dengan stasiun mangrove tetapi masih terdapat beberapa mangrove dan area tambak di sisi-sisi sungai.
6	-7.309656° 112.836729°	Terletak di aliran sungai tenang yang sudah jauh dengan stasiun mangrove tetapi masih terdapat beberapa mangrove dan area tambak di sisi-sisi sungai.
7	-7.310275° 112.839620°	Terletak di sungai yang berkelok dengan alirannya yang masih tenang dan ditumbuhi beberapa mangrove di sisi-sisi sungai.
8	-7.308202° 112.841128°	Terletak di aliran sungai tenang yang ditumbuhi beberapa mangrove di sisi-sisi sungai.
9	-7.306234° 112.842620°	Terletak di sungai yang mendekati stasiun muara sungai dengan alirannya yang sudah sedikit lebih tinggi dibandingkan sebelumnya dan masih terdapat mangrove di sisi-sisi sungai.
10	-7.303934° 112.845279°	Terletak di area perairan Pantai Timur Surabaya yang telah melewati stasiun muara sungai dengan aliran yang lebih tinggi dibandingkan sebelumnya tetapi masih tergolong sedang.
11	-7.306352° 112.846661°	Terletak di sisi selatan area perairan Pantai Timur Surabaya yang telah melewati stasiun muara sungai dan dekat dengan gazebo. Gelombang pada lokasi masih tergolong rendah.
12	-7.297578° 112.847506°	Terletak di sisi utara perairan Pantai Timur Surabaya dengan gelombang yang masih tergolong rendah.
13	-7.301000° 112.848622°	Terletak di sisi tengah perairan dengan gelombangnya yang masih tergolong rendah.

Lokasi	Titik Koordinat	Kondisi Lokasi
4	-7.308435° 112.831587°	Terletak di sekitar stasiun ekowisata mangrove yang terdapat banyak mangrove di sisi-sisi sungai, area tambak, dan dermaga dengan aliran sungai yang tenang.
5	-7.309010° 112.834349°	Terletak di aliran sungai tenang yang sudah sedikit jauh dengan stasiun mangrove tetapi masih terdapat beberapa mangrove dan area tambak di sisi-sisi sungai.
6	-7.309656° 112.836729°	Terletak di aliran sungai tenang yang sudah jauh dengan stasiun mangrove tetapi masih terdapat beberapa mangrove dan area tambak di sisi-sisi sungai.
7	-7.310275° 112.839620°	Terletak di sungai yang berkelok dengan alirannya yang masih tenang dan ditumbuhi beberapa mangrove di sisi-sisi sungai.
8	-7.308202° 112.841128°	Terletak di aliran sungai tenang yang ditumbuhi beberapa mangrove di sisi-sisi sungai.
9	-7.306234° 112.842620°	Terletak di sungai yang mendekati stasiun muara sungai dengan alirannya yang sudah sedikit lebih tinggi dibandingkan sebelumnya dan masih terdapat mangrove di sisi-sisi sungai.
10	-7.303934° 112.845279°	Terletak di area perairan Pantai Timur Surabaya yang telah melewati stasiun muara sungai dengan aliran yang lebih tinggi dibandingkan sebelumnya tetapi masih tergolong sedang.
11	-7.306352° 112.846661°	Terletak di sisi selatan area perairan Pantai Timur Surabaya yang telah melewati stasiun muara sungai dan dekat dengan gazebo. Gelombang pada lokasi masih tergolong rendah.
12	-7.297578° 112.847506°	Terletak di sisi utara perairan Pantai Timur Surabaya dengan gelombang yang masih tergolong rendah.
13	-7.301000° 112.848622°	Terletak di sisi tengah perairan dengan gelombangnya yang masih tergolong rendah.



Lokasi	Titik Koordinat	Kondisi Lokasi
14	-7.295479° 112.855016°	Terletak di sisi selatan perairan Pantai Timur Surabaya dengan gelombang yang rendah.
15	-7.295712° 112.852797°	Terletak di sisi utara yang telah melewati stasiun laut terbuka dengan gelombang sedang.
16	-7.299640° 112.854179°	Terletak di sisi tengah setelah stasiun laut terbuka dengan gelombang sedang.
17	-7.302867° 112.854987°	Terletak di sisi selatan yang telah melewati stasiun laut terbuka dengan gelombang sedang.

3.6 Identifikasi Jenis Mikroplastik

Mikroplastik pada sampel sedimen dapat diidentifikasi setelah dilakukan tahapan-tahapan yang meliputi pengeringan, pengurangan *volume*, pemisahan densitas, penyaringan, dan pemilahan secara visual (Gambar 5.).

Tahap pengeringan dilakukan dengan meletakkan sampel sedimen sebanyak 150 g (Laglbauer *et al.*, 2014) yang telah ditimbang menggunakan neraca analitik di *aluminium foil*. Selanjutnya, sampel sedimen dimasukkan ke dalam oven dengan suhu 90°C selama 4 jam. Proses pengeringan dilakukan pada suhu 90°C selama 4 jam agar mikroplastik tidak rusak jika diatur pada suhu yang terlalu panas dan lama (Cordova dan Wahyudi, 2016).

Tahap pengurangan *volume* sedimen dilakukan setelah didapatkan sedimen yang telah berkurang kadar airnya. Pengurangan *volume* dilakukan dengan menyaring sampel di kertas saring *Whatman* berukuran 5 mm. Hal tersebut bertujuan agar butir-butir sedimen yang masih berukuran besar dapat tertahan sehingga tahap selanjutnya dapat berjalan lebih efisien (Hidalgo-Ruz *et al.*, 2012).

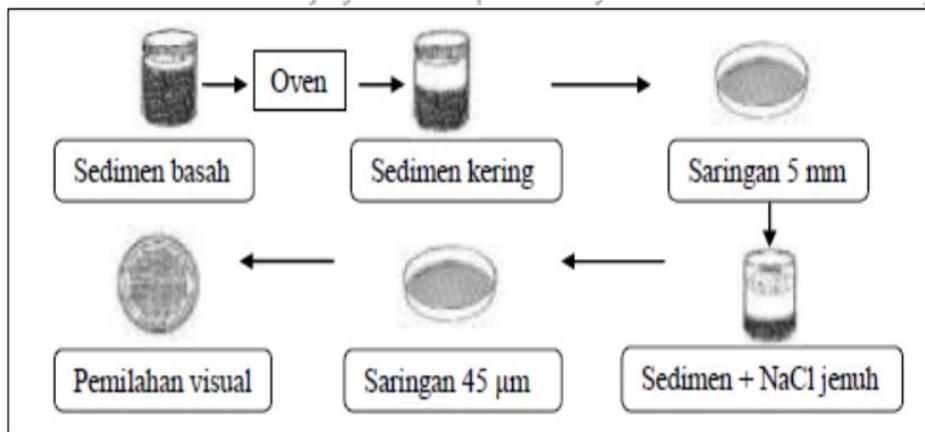
Tahap pemisahan densitas dimana sampel sedimen kering diambil sebanyak 62,5 g untuk menyamakan keseluruhan sampel. Setelah itu, ditambahkan ± 2 pipet tetes penuh larutan H_2O_2 lalu diaduk-aduk menggunakan spatula besi dan



didiamkan. Selanjutnya, ditambahkan larutan NaCl jenuh sebanyak ± 250 ml (1 : 3 dengan 6 g per 20 ml) dan diaduk menggunakan *hot plate stirrer* selama 10 menit dengan kecepatan 200 rpm. Selanjutnya, ditambahkan larutan H₂O₂ lagi sebanyak 1 pipet tetes penuh untuk benar-benar menghilangkan bahan organik pada sampel sedimen. Hal tersebut dilakukan untuk memudahkan mendapatkan mikroplastik yang diteliti (Cordova dan Wahyudi, 2016).

Tahap penyaringan dilakukan dengan menyaring *supernatant* menggunakan kertas saring *Whatman* 0,045 mm. Nantinya akan ada beberapa plastik yang mengapung. Plastik-plastik tersebut merupakan polimer *polystyrene*, *polyethylene*, dan *polypropylene*.

Partikel-partikel mikroplastik yang sudah didapatkan lalu dilakukan pemilahan secara visual. Pemilahan dilakukan menggunakan mikroskop dan dikelompokkan menjadi empat jenis yaitu *fiber*, *fragment*, *filament*, dan *pellet* (Hidalgo-Ruz *et al.*, 2012). Apabila mikroplastik yang ditemukan tidak teridentifikasi berdasarkan karakteristiknya, maka dapat diidentifikasi sebagai *fragment* (Di dan Wang, 2018).



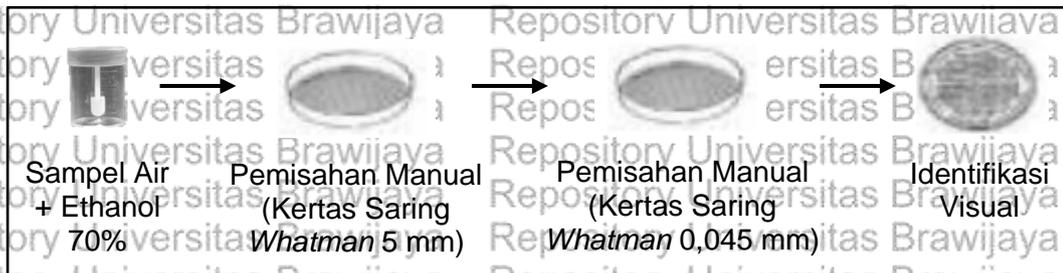
Gambar 5. Tahapan Identifikasi Mikroplastik pada Sedimen

(Sumber : Hidalgo-Ruz *et al.*, 2012)

Sementara itu, mikroplastik pada sampel air dapat diidentifikasi dengan menambahkan ± 20 ml ethanol 70%. Penambahan ethanol 70% bertujuan untuk mengubah warna partikel non mikroplastik menjadi hitam sehingga partikel



mikroplastik lebih mudah ditemukan. Setelah ditambahkan ethanol 70%, sampel dipisahkan menggunakan kertas saring *Whatman* berukuran ± 5 mm. Hal tersebut bertujuan untuk memisahkan sampah meso dan sampah mikro. Selanjutnya, sampel air disaring kembali menggunakan kertas saring *Whatman* yang lebih kecil berukuran $\pm 0,045$ mm. Perlakuan yang terakhir yakni dilakukan pengamatan visual menggunakan mikroskop (Virsek *et al.*, 2016). Proses identifikasi mikroplastik pada sampel air dapat dilihat melalui Gambar 6.



Gambar 6. Tahapan Identifikasi Mikroplastik pada Air
(Sumber : Virsek *et al.*, 2016)

3.6.1 Kelimpahan Mikroplastik

Kelimpahan mikroplastik dipengaruhi oleh adanya arus yang memiliki peran dalam menempatkan posisi partikel di perairan (Ballent *et al.*, 2012). Faktor lainnya yang mempengaruhi kelimpahan mikroplastik yakni kedalaman, topografi bawah, dan variabilitas musiman (Simpson *et al.*, 2005). Selain faktor-faktor fisik tersebut, adanya pemukiman dan aktivitas manusia lainnya juga mempengaruhi kelimpahan mikroplastik (Barnes *et al.*, 2009). Menurut Masura *et al.* (2015), sampel sedimen yang telah diidentifikasi dapat dihitung kelimpahan mikroplastiknya dengan rumus sebagai berikut.

$$\text{Kelimpahan Mikroplastik} = \frac{\text{Jumlah Partikel Mikroplastik (partikel)}}{\text{Volume Sedimen Kering (kg)}}$$

Sementara itu, mikroplastik yang telah diperoleh dari sampel air dapat dihitung kelimpahannya dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{Kelimpahan Mikroplastik} = \frac{\text{Jumlah Partikel Mikroplastik (partikel)}}{\text{Volume Air Tersaring (m³)}}$$



Hasil kelimpahan mikroplastik yang didapatkan dapat dianalisis menggunakan metode statistika berupa uji korelasi *Pearson correlation* untuk mengetahui hubungan kelimpahan mikroplastik pada sedimen dan perairan. Data yang digunakan pada uji statistika yang dilakukan merupakan data kelimpahan mikroplastik pada sedimen dan perairan dari lima (5) stasiun yang berbeda. Uji awal yang dilakukan yakni uji normalitas data jenis mikroplastik. Uji normalitas menggunakan Kolmogorov-Smirnov yang dilakukan pada *software Minitab 17*. Uji normalitas Kolmogorov-Smirnov menjadi salah satu uji data kenormalan yang paling populer. Uji tersebut dilakukan dengan cara membandingkan distribusi data yang diuji dengan distribusi normal baku. Distribusi normal baku merupakan data hasil transformasi dalam bentuk Z-score dan data yang normal (Wahjudi, 2007). Setelah dilakukan uji normalitas, langkah selanjutnya yakni analisis korelasi dengan metode *Pearson correlation* untuk mengetahui hubungan kelimpahan mikroplastik pada sampel sedimen dan air yang diambil di lima (5) stasiun berbeda. Uji korelasi *Pearson correlation* merupakan uji statistika yang dilakukan untuk mengetahui keeratan hubungan antar dua variabel yang datanya dalam bentuk interval maupun rasio. Keeratan hubungan antar variabel dapat diketahui dari nilai kekuatannya. Indeks yang mengukur keeratan hubungan dua variabel disebut koefisien korelasi. Menurut Nugroho dan Akbar (2008), nilai koefisien korelasi (r) dapat dinyatakan sebagai berikut.

$$-1 \leq r \leq 1$$

$r = 1$, hubungan x dan y sempurna dan bernilai positif (mendekati 1, hubungan sangat kuat dan positif).

$r = -1$, hubungan x dan y sempurna dan bernilai positif (mendekati -1, hubungan sangat kuat dan negatif).

$r = 0$, hubungan x dan y lemah sekali atau tidak ada hubungan.



Menurut Bertan *et al.* (2016), koefisien korelasi memiliki rentang nilai sebagai berikut.

0 – 0,1 = hubungan x dan y tergolong sangat rendah

0,2 – 0,4 = hubungan x dan y tergolong rendah

0,4 – 0,6 = hubungan x dan y tergolong cukup

0,6 – 0,8 = hubungan x dan y tergolong kuat

0,8 – 1 = hubungan x dan y tergolong sangat tinggi

Berdasarkan dari pengertian uji korelasi dan nilai koefisien korelasi, maka dapat diambil hipotesis pada penelitian ini sebagai berikut.

H_0 : $r = 0$ artinya tidak terdapat hubungan kelimpahan mikroplastik pada sedimen dengan kelimpahan mikroplastik pada perairan di masing-masing stasiun.

H_1 : $r \neq 0$ artinya terdapat hubungan kelimpahan mikroplastik pada sedimen dengan kelimpahan mikroplastik pada perairan di masing-masing stasiun.

3.7 Analisis Distribusi Mikroplastik

Data yang diperlukan dalam analisis ini yakni data kelimpahan mikroplastik pada sedimen dan perairan serta data arus. Data arus diperoleh dari hasil lapang yang sudah diolah dengan proses *gridding* yang divisualisasikan menggunakan *software Surfer 10*. Analisis distribusi mikroplastik ini dilakukan menggunakan uji regresi linear dengan batas selang kepercayaan α (0,05) pada *software Minitab*

17. Uji ini dilakukan untuk mengetahui distribusi mikroplastik terutama yang disebabkan oleh arus terhadap kelimpahan mikroplastik di sedimen dan perairan.

Hipotesis yang dapat diambil dari uji ini yakni sebagai berikut.

Hipotesis 1

H_0 = Tidak terdapat pengaruh arus terhadap distribusi kelimpahan mikroplastik di sedimen.

H_1 = Terdapat pengaruh arus terhadap distribusi kelimpahan mikroplastik di sedimen.



Hipotesis 2

H0 = Tidak terdapat pengaruh arus terhadap distribusi kelimpahan mikroplastik di perairan.

H1 = Terdapat pengaruh arus terhadap distribusi kelimpahan mikroplastik di perairan.



III. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Kondisi Umum Lokasi Penelitian

Perairan Wonorejo merupakan salah satu daerah penghasil kepiting bakau di Surabaya (Meirikayanti *et al.*, 2018). Perairan ini menjadi salah satu bagian dari Pantai Timur Surabaya yang terletak di Kelurahan Wonorejo, Kecamatan Rungkut, Kota Surabaya (Wijaya and Huda, 2018). Perairan ini menerima aliran dari sungai Jagir, Wonokromo, Wonorejo, dan Gunung Anyar (Sari *et al.*, 2017). Wilayah Pantai Timur Surabaya memiliki kemiringan $0 - 3^\circ$ dan kedalaman 1 – 3 meter dengan rata-rata ketinggian pasang surutnya 1,67 m sehingga memiliki tipe campuran condong harian ganda yakni terjadi dua kali pasang dan dua kali surut dalam sehari. Pengendapan dari sistem sungai sekitar membentuk kawasan di sekitar Pantai Timur Surabaya menjadi suatu delta. Selain itu, peristiwa-peristiwa alam yang terjadi di laut juga mempengaruhi pembentukan kawasan ini sehingga cocok sebagai habitat yang baik bagi pertumbuhan dan perkembangan *mangrove*. Oleh karena itu, pada wilayah ini juga terdapat kawasan ekowisata *mangrove* yang dijadikan sebagai tempat rehabilitasi *mangrove* (Mulyadi *et al.*, 2016).

Perairan Wonorejo memiliki geomorfologi muara yang berasal dari akumulasi sedimen (akrasi) akibat banyaknya sedimen yang terbawa oleh aliran sungai. Hal tersebut dapat dilihat dari adanya hamparan lumpur saat air laut surut. Substrat sedimennya berupa lumpur halus dengan lapisan dalam berwarna kehitaman (Mulyadi *et al.*, 2016). Sayangnya, perairan Wonorejo menjadi salah satu kawasan yang berada di Kota Surabaya dengan tingkat pencemaran tertinggi diantara wilayah Wonorejo lainnya (Rachmawati *et al.*, 2018). Pencemaran terjadi karena keberadaan sungai disalahgunakan sebagai tempat pembuangan sampah yang terdistribusi ke muara sungai hingga menuju ke perairan laut. Selain itu, aktivitas



seperti industri, perkapalan, dan aktivitas antropogenik lainnya juga semakin memperparah tingkat pencemaran (Sari *et al.*, 2017).

Pencemaran yang terjadi di perairan Wonorejo berasal dari adanya aliran sungai Jagir yang bermuara ke Pantai Timur Surabaya melewati sungai Wonorejo.

Aliran sungai tersebut membawa limbah yang dihasilkan dari aktivitas manusia seperti memancing ikan. Selain itu, pada kawasan ini juga terdapat dermaga tempat berlabuhnya kapal, area tambak, pemukiman penduduk, dan industri (Harnani dan Titah, 2017). Tidak menutup kemungkinan dari adanya aktivitas

manusia tersebut (Gambar 7.) timbul salah satu dampak pencemaran yang membutuhkan perhatian khusus yakni sampah plastik. Plastik dapat berubah menjadi partikel-partikel berukuran mikro yang dapat mengendap di sedimen dan terbawa oleh arus ke lingkungan perairan laut.



Gambar 7. Denah Lokasi Kawasan Wonorejo

Pengambilan data lapang dilakukan pada 8 September 2019 pukul 08.00 – 11.00 WIB dan 13.00 – 15.00 WIB dengan lima (5) stasiun pengambilan sampel mikroplastik dan 17 titik pengambilan data arus. Pada saat pengambilan data lapang dilakukan, cuacanya terik dengan pergerakan arusnya yang tergolong tenang dan air semakin surut saat siang hari menjelang. Banyak ditemukan adanya aktivitas manusia seperti memancing ikan dan melaut di beberapa stasiun



pengambilan sampel. Stasiun pengambilan sampel mikroplastik terdiri dari dermaga, ekowisata mangrove, tambak, muara sungai, dan laut terbuka. Kelima stasiun tersebut dijelaskan sebagai berikut.



Gambar 8. Stasiun 1 Dermaga

Stasiun 1 (Gambar 8.) terletak di area dermaga yang ditemukan beberapa perahu tengah bersandar dan beberapa orang yang sedang memancing ikan. Arus di area dermaga cukup tenang dengan ketinggian airnya yang semakin berkurang saat siang hari menjelang. Hal tersebut dikarenakan pengambilan data lapang dilakukan pada bulan September yang termasuk ke dalam musim peralihan II. Sedimen di stasiun 1 bersubstrat lumpur.



Gambar 9. Stasiun 2 Ekowisata Mangrove



Stasiun 2 (Gambar 9.) terletak di kawasan ekowisata *mangrove* yang dekat dengan area sungai. Sedimen yang berada di stasiun ini memiliki substrat berlumpur dengan warna kehitaman. Arus di sekitar stasiun ini juga tergolong tenang saat pengambilan data di pagi hari dan menjelang sore hari. Stasiun ini ditumbuhi dengan beragam jenis *mangrove* terutama jenis *Avicennia marina* yang paling banyak ditemukan. Banyak pengunjung yang memadati kawasan ini dikarenakan pengambilan data lapang dilakukan saat hari libur yakni pada Minggu.



Gambar 10. Stasiun 3 Tambak

Stasiun 3 (Gambar 10.) terletak di area tambak kepiting bakau. Pergerakan air di tambak sangat tenang. Sedimen yang berada disana bersubstrat lumpur dengan warna kehitaman dan baunya sedikit menusuk. Selain itu, area tambak juga masih dikelilingi dengan *mangrove-mangrove*.



Gambar 11. Stasiun 4 Muara Sungai



Stasiun 4 (Gambar 11.) terletak di muara sungai yang ditemukan adanya kapal dan perahu angkutan pengunjung tengah bersandar. Selain itu, terdapat beberapa orang yang sedang memancing ikan. Pergerakan arus di stasiun ini masih tergolong tenang tetapi lebih kuat jika dibandingkan dengan stasiun-stasiun sebelumnya. Sedimen yang berada di stasiun ini bersubstat lumpur halus dengan warna kehitaman.



Gambar 12. Stasiun 5 Laut Terbuka

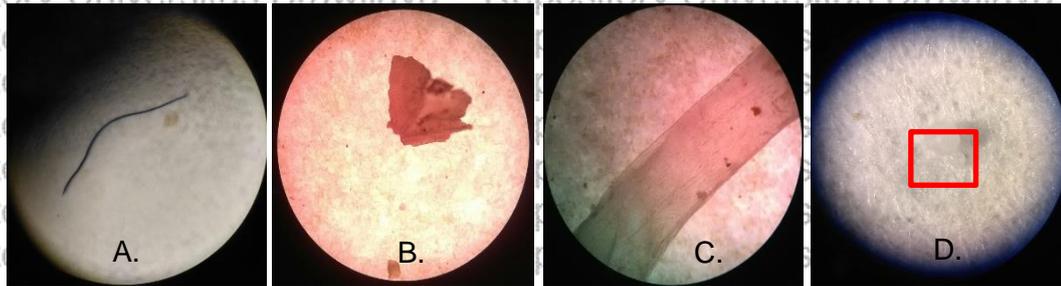
Stasiun 5 (Gambar 12.) terletak di kawasan laut terbuka dengan pergerakan arus yang lebih kuat tapi masih tergolong tenang. Sedimen yang berada di stasiun ini memiliki substrat berpasir. Pada stasiun ini ditemukan adanya gazebo-gazebo yang dijadikan sebagai tempat pengunjung beristirahat dan mengambil foto. Selain itu, ditemukan beberapa perahu yang digunakan untuk aktivitas melaut di stasiun ini. Potensi perikananannya cukup tinggi tetapi masih banyak ditemukan adanya pencemaran yang dapat merusak potensi tersebut.

4.2 Jenis Mikroplastik di Wonorejo

Mikroplastik dapat bersifat primer yang sengaja dibuat menjadi ukuran mikroskopis ataupun bersifat sekunder yang berasal dari plastik berukuran besar dan telah terdegradasi menjadi partikel-partikel kecil. Mikroplastik tersebut telah terakumulasi di lautan seluruh dunia selama empat dekade terakhir (Wright *et al.*, 2013). Mikroplastik terdegradasi dengan berbagai macam penyebab. Diantaranya



yakni biodegradasi akibat aktivitas mikroba, fotodegradasi akibat paparan sinar UV, termooksidatif akibat kerusakan oksidatif pada suhu sedang, degradasi termal akibat suhu tinggi, dan hidrolisis akibat reaksi air. Selain itu, mikroplastik juga berasal dari adanya pengaruh fisika (Andrady, 2011). Berdasarkan dari hasil penelitian yang dilakukan di perairan Wonorejo, diketahui bahwa jenis mikroplastik yang ditemukan meliputi *fiber*, *fragment*, *filament*, dan *pellet* (Gambar 13.).



Gambar 13. Jenis Mikroplastik (A. *fiber* berwarna biru; B. *fragment* berwarna coklat; C. *filament* berwarna transparan; D. *pellet* berwarna putih)

Pellet merupakan jenis mikroplastik primer yang partikel plastiknya dari awal sudah dibuat dengan ukuran tersebut. *Pellet* yang ditemukan pada sampel sedimen dan sampel air di perairan Wonorejo ini diduga berasal dari adanya pabrik-pabrik yang memproduksi plastik salah satunya yakni PT. *Multiplast Indojaya*. PT. *Multiplast Indojaya* menjadi salah satu perusahaan yang bergerak di bidang industri berupa *plastic houseware*. Perusahaan ini menggunakan bahan yang berasal dari *polypropylene* dengan sistem pengoperasian mesinnya menggunakan tenaga kerja harian (Angelina dan Indriyani, 2013). Limbah yang dihasilkan dari pabrik plastik tersebut diduga terbawa oleh aliran sungai hingga ke Pantai Timur Surabaya melewati sungai Wonorejo. Sementara itu, *fiber*, *fragment*, dan *filament* merupakan jenis mikroplastik sekunder yang berasal dari fragmentasi partikel plastik yang lebih besar. Fragmentasi plastik di laut terjadi melalui fotodegradasi, dampak fisik, dan proses lainnya. Sebagian besar mikroplastik di lingkungan laut berasal dari proses sekunder (Tanaka dan Takada, 2016). *Fiber* berasal dari alat tangkap seperti jaring dan alat pancing serta pakaian yang



digunakan sehari-hari. *Fragment* biasanya berasal dari daerah-daerah yang terdapat banyak botol minum, toples sisa, galon, *map* mika, dan alat rumah tangga lainnya yang terbuang. Sementara itu, *filament* berasal dari proses fragmentasi kantong plastik berdensitas rendah (Hastuti et al., 2014).

Total mikroplastik yang ditemukan dari hasil tiga (3) kali pengulangan pada sedimen sebanyak 286 partikel dan pada perairan sebanyak 365 partikel. Jenis mikroplastik yang ditemukan pada sedimen dapat dilihat melalui Tabel 9.

Tabel 9. Jenis Mikroplastik pada Sedimen

Stasiun	Sampel Sedimen Pengulangan	Jenis Mikroplastik (Partikel)				Total
		Fiber	Fragment	Filament	Pellet	
1	1	0	1	2	3	6
	2	1	2	2	2	7
	3	21	3	0	0	24
2	1	8	8	2	1	19
	2	6	9	1	0	16
	3	3	10	1	0	14
3	1	2	2	0	2	6
	2	2	3	3	2	10
	3	3	8	4	5	20
4	1	6	0	3	2	11
	2	5	8	0	0	13
	3	1	3	1	2	7
5	1	7	30	2	7	46
	2	2	21	9	3	35
	3	1	42	8	1	52
Total		68	150	38	30	286

Sementara itu, jenis mikroplastik pada perairan dapat dilihat melalui Tabel 10.

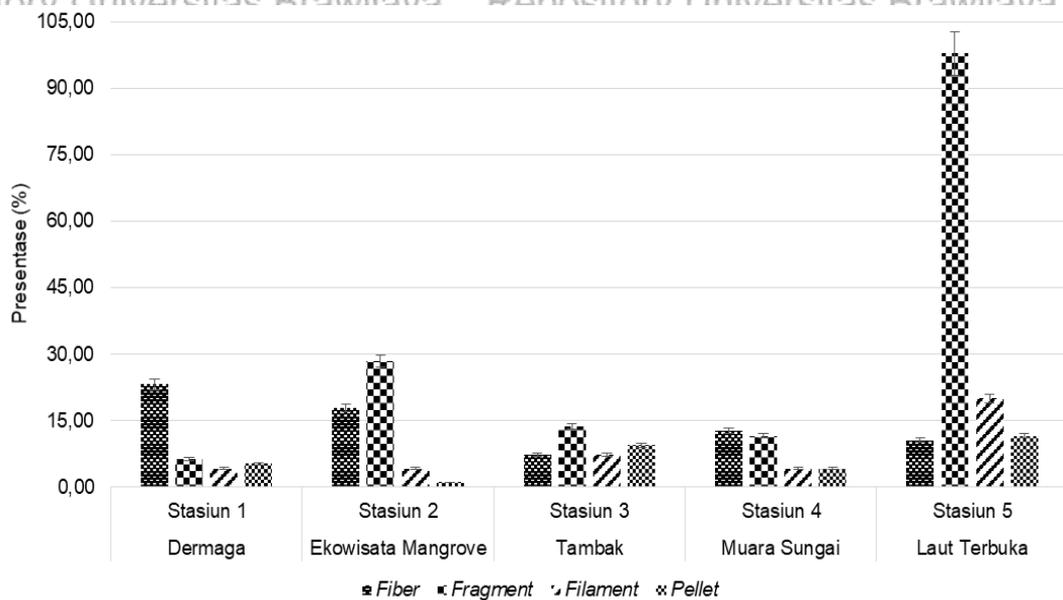
Tabel 10. Jenis Mikroplastik pada Perairan

Stasiun	Sampel Perairan Pengulangan	Jenis Mikroplastik (Partikel)				Total
		Fiber	Fragment	Filament	Pellet	
1	1	3	3	1	0	7
	2	8	1	1	3	13
	3	11	3	1	0	15
2	1	3	1	0	0	4
	2	30	8	1	1	40
	3	49	1	1	0	51
3	1	30	4	2	0	36
	2	11	2	1	1	15
4	3	32	1	1	1	35
	1	5	15	0	1	21



Sampel Perairan	Jenis Mikroplastik (Partikel)					Total
	Stasiun	Pengulangan	Fiber	Fragment	Filament	
5	2	5	2	0	0	7
	3	10	0	2	1	13
	1	16	13	2	1	32
	2	18	6	3	0	27
	3	30	15	3	1	49
Total		261	75	19	10	365

Sementara itu, presentase jenis mikroplastik pada sedimen yang telah dirata-rata dari hasil tiga (3) pengulangan setiap stasiun dapat dilihat pada Gambar 14.



Gambar 14. Presentase Jenis Mikroplastik pada Sedimen

Berdasarkan diagram batang diatas, dapat dilihat bahwa jenis mikroplastik di sedimen yang paling banyak ditemukan yakni *fragment* pada stasiun 5 (Laut Terbuka) dengan presentase 97,89%. Mikroplastik yang ditemukan umumnya berjenis *fiber*, *fragment*, *filament*, dan *pellet* baik pada sedimen maupun perairan yang lokasinya dekat dengan aktivitas antropogenik (Di dan Wang, 2018).

Fragment banyak ditemukan karena berasal dari hasil degradasi plastik berukuran besar yang banyak ditemui di daerah padat penduduk dimana daerah padat penduduk menjadi salah satu penyumbang banyaknya limbah domestik yang nantinya akan berakhir di perairan laut (Alomar *et al.*, 2016). Meskipun menurut Browne *et al.* (2011) mikroplastik paling banyak ditemukan pada sedimen



bertekstur lunak karena memiliki kemampuan menjerap yang baik, namun perairan Wonorejo merupakan perairan yang mendapatkan aliran dari sungai Jagir, Wonokromo, Wonorejo, dan Gunung Anyar (Sari *et al.*, 2017). Oleh karena itu, *fragment* banyak ditemukan pada sedimen di perairan laut karena diduga mengendap dalam waktu yang lama dan terakumulasi oleh empat sumber sungai yang ada walaupun sedimen perairan laut memiliki substrat berpasir. Hal tersebut juga dapat dilihat dari kondisi sedimen saat diambil menggunakan *Ekman grab* dimana sedimen di perairan laut banyak ditemukan sampah-sampah plastik yang berpotensi menjadi mikroplastik dalam jangka waktu lama. Selain itu, *fragment* memiliki densitas yang tinggi sehingga akan lebih mudah terendap ke lapisan bawah air (Claessens *et al.*, 2011; Martin, 2017; Zhang *et al.*, 2017). Hal tersebut juga sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Tsang *et al.* (2017) di perairan Hongkong dimana jenis mikroplastik yang paling banyak ditemukan pada sedimen yakni *fragment*. Sementara itu, *pellet* menjadi jenis mikroplastik yang paling sedikit ditemukan yakni pada stasiun 2 (Ekowisata *Mangrove*) dengan presentase 1,05%. Mikroplastik berjenis *pellet* lebih sedikit ditemukan pada berbagai penelitian yang telah dilakukan. Hal tersebut dikarenakan *pellet* merupakan hasil dari bahan produksi plastik yang termasuk ke dalam mikroplastik primer (Cole *et al.*, 2011). Jenis mikroplastik terbanyak kedua yang ditemukan di sedimen yakni masih *fragment* dengan presentase 28,42% pada stasiun 2 (Ekowisata *Mangrove*). *Fragment* banyak ditemukan pada stasiun ini diduga karena berasal dari sampah plastik para pengunjung dan para penjual yang datang ke kawasan ekowisata sehingga akan tergenang dan lambat laun mengendap di sedimen. Hal tersebut sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Yona *et al.* (2019) di Laut Jawa bahwa jenis *fragment* paling banyak ditemukan pada area hutan *mangrove*. Hal ini dikarenakan akar *mangrove* dapat menjebak banyak jenis sampah termasuk plastik. Selain itu, pasang surut yang sering menggenangi *mangrove* juga dapat



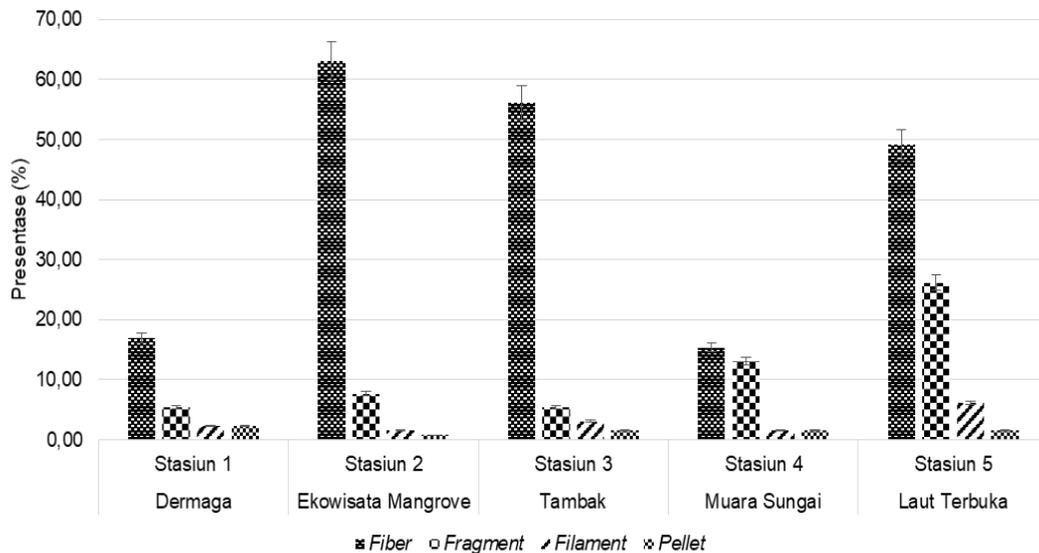
membawa lebih banyak sampah plastik dari perairan sekitarnya. Namun, hal tersebut tidak sesuai dengan sampel sedimen yang diambil dari kawasan mangrove Singapura dimana jenis mikroplastik yang ditemukan paling banyak yakni *fiber* (Mohamed Nor dan Obbard, 2014). Hal tersebut terjadi diduga karena *fiber* menjadi salah satu jenis yang mendominasi baik pada sedimen maupun perairan karena densitasnya yang rendah dan sumbernya berasal dari banyak aktivitas manusia yang sering dilakukan.

Jenis mikroplastik terbanyak ketiga yang ditemukan di sedimen yakni *fiber* dengan presentase 23,16% pada stasiun 1 (Dermaga). Pada stasiun 1 (Dermaga) banyak ditemukan aktivitas memancing ikan dan beberapa perahu yang tengah bersandar. *Fiber* yang ditemukan diduga berasal dari aktivitas yang ada di sekitar stasiun dan adanya aliran sungai yang membawa sampah-sampah dari hulu.

Mikroplastik jenis *fiber* paling banyak ditemukan baik di sedimen maupun perairan karena memiliki densitas yang rendah. *Fiber* banyak ditemukan pada daerah yang banyak dilakukan aktivitas penangkapan ikan dimana serat dari alat yang digunakan pada aktivitas tersebut menghasilkan mikroplastik jenis *fiber* ini. Kelimpahan *fiber* yang tinggi juga diamati di Laut Kuning Utara sebagai hasil penggunaan yang konstan dari alat penangkapan ikan yang terbuat dari plastik, jaring, serta tali sebagai alat penangkapan utama (Zhu *et al.*, 2018).



Sementara itu, jenis mikroplastik pada perairan yang telah dirata-rata dari hasil tiga (3) pengulangan masing-masing stasiun dapat dilihat melalui Gambar 15.



Gambar 15. Presentase Jenis Mikroplastik pada Perairan

Berdasarkan diagram batang diatas, dapat diketahui bahwa jenis mikroplastik di perairan yang paling banyak ditemukan yakni *fiber* pada stasiun 2 (Ekowisata Mangrove) dengan presentase 63,08%. Sementara itu, jenis mikroplastik yang paling sedikit ditemukan yakni *pellet* dengan presentase 0,77%. Hal tersebut terjadi diduga karena perairan di stasiun 2 (Ekowisata Mangrove) tergenang di mangrove-mangrove sehingga tidak terjadi aliran yang signifikan saat pasang maupun surut berlangsung. *Fiber* menjadi jenis yang paling banyak ditemukan karena *fiber* memiliki densitas yang rendah sehingga akan mengapung di perairan dan membutuhkan waktu untuk mengendap di sedimen (Zhang *et al.*, 2017).

Jenis mikroplastik terbanyak kedua yang ditemukan di perairan yakni *fiber* pada stasiun 3 (Tambak) dengan presentase 56,15%. *Fiber* banyak ditemukan di kolam tambak diduga berasal dari jaring-jaring yang terbuat dari plastik. Selain itu, sama halnya dengan yang terjadi di stasiun 2 (Ekowisata Mangrove), tambak memiliki arus yang sangat rendah bahkan dapat mencapai 0 m/s. Hal inilah yang diduga menyebabkan *fiber* akan terapung di permukaan air tambak.



Jenis mikroplastik terbanyak ketiga yang ditemukan di perairan yakni *fiber* pada stasiun 5 (Laut Terbuka) dengan presentase 49,23%. Laut menjadi tujuan akhir dari aliran-aliran yang berasal dari berbagai macam sungai sehingga akumulasi limbah sampah terbanyak ada di laut. Oleh karena itu, *fiber* yang ada di stasiun 5 (Laut Terbuka) diduga berasal dari berbagai macam sumber yang akan terakumulasi baik pada sedimen maupun perairan. Pada keseluruhan stasiun, jenis yang paling banyak ditemukan yakni *fiber*. Hal tersebut diduga karena *fiber* berasal dari aktivitas yang banyak dilakukan oleh manusia baik dari serat pakaian yang dipakai hingga aktivitas memancing ikan, melaut, dan tambak sehingga keberadaannya menjadi umum ditemukan di sedimen maupun perairan.

Pada penelitian yang dilakukan di tiga muara sungai di Cina yakni Oujiang, Jiaojiang, dan Minjiang, jenis mikroplastik yang paling banyak ditemukan yakni *fiber* sedangkan paling sedikit ditemukan yakni *pellet* (Zhao *et al.*, 2015). Sementara itu, pada penelitian yang dilakukan di sungai Nakdong, Korea Selatan diketahui bahwa jenis mikroplastik yang banyak ditemukan yakni *fiber* dan yang paling sedikit ditemukan yakni *filament* dan *pellet* (Kang *et al.*, 2015). Berbeda halnya dengan jenis mikroplastik yang ditemukan di Perairan Bohai, Cina dimana jenis yang paling banyak ditemukan pada sedimen yakni *fiber* dan pada perairan yakni *fragment* berdasarkan dari hasil penelitian yang dilakukan oleh Yu *et al.* (2016) dan Zhang *et al.* (2017). Namun berbeda lagi dengan penelitian yang dilakukan oleh Peng *et al.* (2017) dimana jenis mikroplastik pada perairan muara Sungai Changjiang yang paling banyak ditemukan yakni *fiber* sedangkan pada sedimen perairan yang paling banyak ditemukan yakni *pellet*. *Pellet* banyak ditemukan di perairan tersebut karena banyaknya pabrik-pabrik di Hongkong dan diasumsikan bahwa *pellet* terdistribusi hingga ke perairan laut.



4.2.1 Klasifikasi Warna Mikroplastik di Wonorejo

Berdasarkan dari hasil penelitian yang dilakukan di perairan Wonorejo, dapat diketahui warna-warna mikroplastik yang ditemukan pada sedimen maupun perairan. Warna-warna tersebut meliputi warna putih, hitam, biru, merah, krem, coklat, dan transparan. Warna pada mikroplastik juga penting diidentifikasi karena berkaitan dengan organisme yang menjadi konsumen, sumber warna, dan proses terbentuknya warna tersebut. Klasifikasi warna mikroplastik dapat dilihat pada Tabel 11.

Tabel 11. Klasifikasi Warna Mikroplastik

Warna	Fiber	Fragment	Filament	Pellet
Putih	13	0	1	1
Hitam	90	42	12	6
Biru	39	1	1	0
Merah	24	4	0	2
Krem	3	1	0	0
Cokelat	13	25	4	1
Transparan	48	1	1	0
Hijau	31	1	0	0

Berdasarkan dari tabel di atas, dapat diketahui bahwa warna yang paling banyak ditemukan baik pada jenis *fiber*, *fragment*, *filament*, maupun *pellet* yakni warna hitam. Warna hitam mengindikasikan bahwa plastik tersebut telah menyerap berbagai macam polutan dan keberadaannya dapat ditemukan pada sedimen maupun perairan (Duis dan Coors, 2016). Selain itu, warna hitam yang masih terlihat menandakan bahwa mikroplastik membutuhkan proses yang lama pada perubahan warnanya. Mikroplastik yang banyak ditemukan memiliki warna yang pekat sehingga dapat diketahui bahwa mikroplastik tersebut tersusun dari polimer *polyethylene* dengan densitas rendah (Hiwari *et al.*, 2019).

Selanjutnya, warna terbanyak kedua yang ditemukan yakni warna transparan pada jenis *fiber*. Pada hasil penelitian yang dilakukan oleh Duis dan Coors (2016), warna dominan yang ditemukan pada sampel sedimen yakni warna



hitam yang mengindikasikan bahwa plastik tersebut telah menyerap berbagai macam polutan dan warna transparan yang mengindikasikan bahwa mikroplastik tersebut berasal dari proses fotodegradasi sinar UV. Mikroplastik berwarna transparan banyak tersusun dari polimer *polypropylene* yang termasuk dalam salah satu polimer terbanyak ditemukan di perairan. Pada hasil penelitian sampel perairan yang diambil dari tiga muara sungai di Cina yakni Oujiang, Jiaojiang, dan Minjiang oleh Zhao *et al.* (2015) diketahui bahwa mikroplastik yang berwarna-warni lebih banyak ditemukan lalu diikuti dengan warna hitam dan transparan sedangkan warna putih paling sedikit. Kantong plastik dan wadah plastik banyak terbuat dari susunan polimer *polyethylene* (Hiwari *et al.*, 2019). Sementara itu, menurut Peng *et al.* (2017) dan Tsang *et al.* (2017) warna transparan dan putih umumnya menjadi warna-warna yang banyak ditemukan pada penelitian yang dilakukan di sedimen dan perairan.

Warna terbanyak ketiga yang ditemukan pada sedimen maupun perairan yakni warna biru pada jenis *fiber*. Selanjutnya, warna terbanyak lainnya yang ditemukan yakni warna hijau pada jenis *fiber* dan cokelat pada jenis *fragment*. Mikroplastik yang memiliki warna biru banyak berasal dari tali pancing yang rusak (Zhang *et al.*, 2017). Sementara itu, warna hijau dan cokelat yang terdapat pada jenis *fiber* maupun *fragment* diduga berasal dari potongan-potongan plastik besar yang membutuhkan waktu lama dalam proses *discolouring*.

Pada penelitian yang dilakukan oleh Martin (2017), semua mikroplastik yang teridentifikasi merupakan mikroplastik sekunder baik berjenis *fiber* maupun *fragment* serta *fiber* khusus yang diperoleh dari sedimen air. Tidak ada jenis *spheroid*, *pellet*, ataupun *filament* yang teridentifikasi secara visual atau kimia dalam penelitian ini. Warna mikroplastik yang paling sering ditemukan untuk semua interval kedalaman yang diteliti adalah warna biru, diikuti dengan warna transparan, putih, merah, hitam, hijau, dan abu-abu. Mikroplastik yang terdapat di



permukaan air hanya ditemukan jenis *fiber* berwarna biru dan merah yang berasal dari wilayah dekat tempat penangkapan ikan. Sementara itu, mikroplastik berwarna hijau hanya ditemukan di wilayah Teluk Blacksod. Pada penelitian yang dilakukan oleh Zhang *et al.* (2017) di perairan, diperoleh hasil bahwa mikroplastik yang paling banyak ditemukan yakni warna putih daripada mikroplastik berwarna-warni yang selanjutnya diikuti oleh warna transparan, hijau, dan kuning sedangkan warna lain hanya memiliki presentase $\pm 5\%$. Beberapa mikroplastik berwarna putih dihasilkan dari warna kuning pucat yang terpapar sinar di lingkungan dalam jangka waktu yang lama.

4.2.2 Kelimpahan Mikroplastik di Wonorejo

Kelimpahan mikroplastik pada perairan Wonorejo terbagi menjadi dua macam, yakni kelimpahan mikroplastik pada sedimen dan kelimpahan mikroplastik pada perairan. Kelimpahan mikroplastik pada sedimen berasal dari jumlah partikel mikroplastik yang ditemukan dibagi dengan banyaknya sedimen yang telah dikeringkan yakni sebesar 62,5 g yang jika dijadikan satuan kg menjadi 0,0625 kg. Sedimen yang dijadikan sebagai sampel diambil dari rentang kedalaman 0–10 cm menggunakan pipa paralon 30 cm. Sementara itu, kelimpahan mikroplastik pada perairan berasal dari jumlah partikel mikroplastik yang ditemukan dibagi dengan banyaknya air yang diambil sebanyak tiga kali pengulangan yakni 15 L (satu kali pengulangan 5 L) yang jika dijadikan satuan m^3 menjadi 0,015 m^3 . Air yang dijadikan sebagai sampel diambil dari kedalaman ± 50 cm menggunakan *plankton net mesh* 0,025 mm. Kelimpahan mikroplastik pada sedimen dan perairan dapat dilihat melalui Tabel 12.

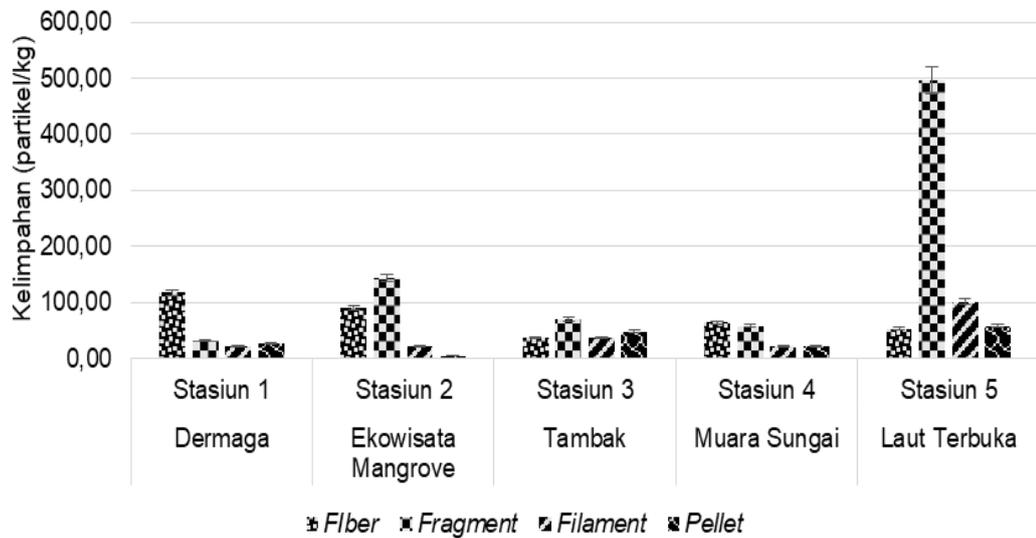
Tabel 12. Kelimpahan Mikroplastik pada Sedimen dan Perairan

Stasiun	Kelimpahan Mikroplastik Sampel Sedimen (partikel/kg)				Sampel Perairan (partikel/m ³)			
	Fiber	Fragment	Filament	Pellet	Fiber	Fragment	Filament	Pellet
1	17,33 ± 11,85	32,00 ± 1,00	21,33 ± 1,15	26,67 ± 1,53	488,89 ± 4,04	155,56 ± 1,15	66,67 ± 0,00	66,67 ± 1,73
2	90,67 ± 2,52	144,00 ± 1,00	21,33 ± 0,58	5,33 ± 0,58	1822,22 ± 23,12	222,22 ± 4,04	44,44 ± 0,58	22,22 ± 0,58
3	37,33 ± 0,58	69,33 ± 3,21	37,33 ± 2,08	48,00 ± 1,73	1622,22 ± 11,59	155,56 ± 1,53	88,89 ± 0,58	44,44 ± 0,58
4	64,00 ± 2,65	58,67 ± 4,04	21,33 ± 1,53	21,33 ± 1,15	444,44 ± 2,89	377,78 ± 8,14	44,44 ± 1,15	44,44 ± 0,58
5	53,33 ± 3,21	496,00 ± 10,54	101,33 ± 3,79	58,67 ± 3,06	1422,22 ± 7,57	755,56 ± 4,73	177,78 ± 0,58	44,44 ± 0,58
Total		1525,33				8111,11		

Keterangan Tanda ± menunjukkan nilai standar deviasi



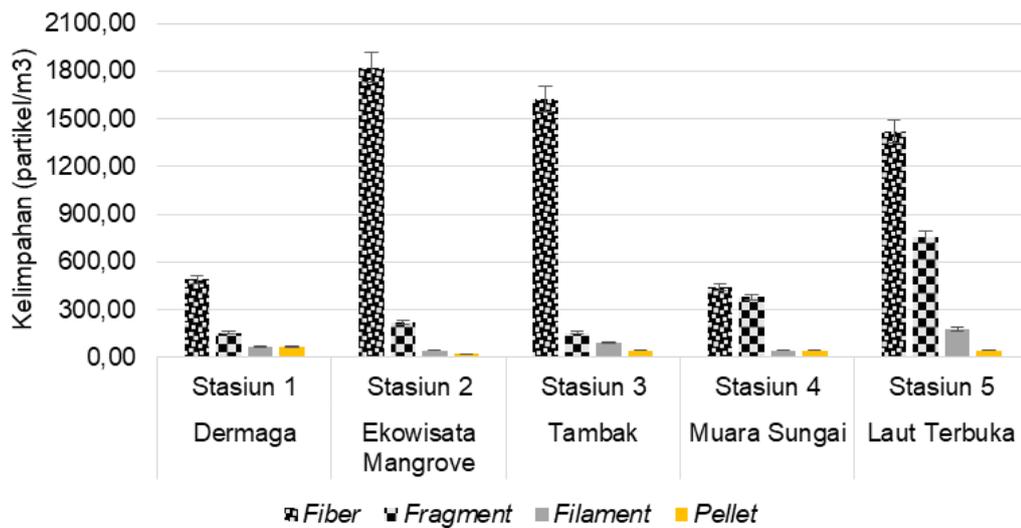
Kelimpahan mikroplastik di sedimen dapat dilihat melalui diagram batang pada Gambar 16.



Gambar 16. Kelimpahan Mikroplastik pada Sedimen

Berdasarkan diagram batang diatas, dapat diketahui bahwa kelimpahan tertinggi di sedimen terdapat pada jenis *fragment* di stasiun 5 (Laut Terbuka) yakni sebesar 496,00 partikel/kg. Selanjutnya, kelimpahan tertinggi kedua terdapat pada jenis *fragment* di stasiun 2 (Ekowisata *Mangrove*) yakni sebesar 144,00 partikel/kg. Kelimpahan tertinggi ketiga berada di stasiun 1 (Dermaga) yakni sebesar 117,33 partikel/kg dengan jenis *fiber*. Mikroplastik yang terdapat di sedimen memiliki kelimpahan yang cenderung tidak memiliki perbedaan signifikan dengan rentang kedalamannya. Namun, pada kedalaman yang jauh lebih dalam, tidak ditemukan adanya mikroplastik. Jenis mikroplastik lebih banyak ditemukan pada kedalaman antara 0,5 – 10 cm dengan presentase 66% - 97% (Martin, 2017). Kelimpahan mikroplastik pada sedimen tertinggi berasal dari jenis *fragment* yang ditemukan pada area hutan *mangrove*. Hal ini dikarenakan akar *mangrove* dapat menjebak banyak jenis sampah termasuk plastik. Selain itu, pasang surut yang sering menggenangi *mangrove* juga dapat membawa lebih banyak sampah plastik dari perairan sekitarnya. *Filament* menjadi jenis yang ditemukan dalam jumlah yang sangat rendah dibandingkan dengan dua jenis mikroplastik lainnya (Horton *et al.*,

2017; Yona *et al.*, 2019). Namun hal itu tidak sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Mohamed Nor dan Obbard (2014) dimana sampel sedimen yang diambil dari kawasan *mangrove* Singapura diperoleh kelimpahan mikroplastik sebesar 12,0 – 26,7 partikel/kg dengan jenis *fiber* yang paling banyak. Hal tersebut terjadi diduga karena *fiber* menjadi salah satu jenis yang mendominasi baik pada sedimen maupun perairan karena densitasnya yang rendah dan sumbernya berasal dari banyak aktivitas manusia yang sering dilakukan. Selain itu, adanya tambak ikan di sekitar *mangrove* Singapura juga diduga menjadi penyebab banyaknya mikroplastik jenis *fiber* yang ditemukan di sedimen. Sementara itu, kelimpahan mikroplastik di perairan dapat dilihat melalui diagram batang pada Gambar 17.

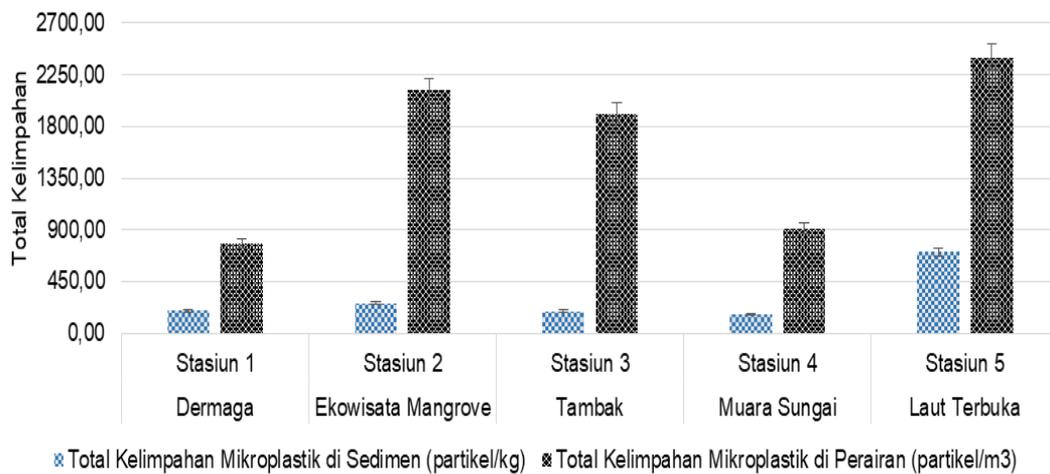


Gambar 17. Kelimpahan Mikroplastik pada Perairan

Berdasarkan dari diagram batang diatas, dapat diketahui bahwa kelimpahan tertinggi di perairan terdapat pada jenis *fiber* di stasiun 2 (Ekowisata *Mangrove*) yakni sebesar 1822,22 partikel/m³, diikuti dengan kelimpahan jenis *fiber* di stasiun 3 (Tambak) yakni sebesar 1622,22 partikel/m³, dan kelimpahan tertinggi ketiga berada di stasiun 5 (Laut Terbuka) yakni sebesar 1422,22 partikel/m³ dengan jenis yang mendominasi tertinggi di keseluruhan stasiun yakni *fiber*. Kelimpahan mikroplastik dapat dipengaruhi oleh faktor densitas dari masing-masing partikel

mikroplastik (Claessens *et al.*, 2011). Kelimpahan mikroplastik yang terdapat di perairan lebih banyak berasal dari jenis mikroplastik yang memiliki densitas rendah. Hal ini dikarenakan mikroplastik berdensitas rendah seperti *fiber* dan *filament* akan mengapung di permukaan air dan terbawa oleh arus hingga ke perairan laut (Hamid *et al.*, 2018).

Sementara itu, jika dilihat berdasarkan total keseluruhan jenis mikroplastik per masing-masing stasiun (Lampiran 4. dan Lampiran 5.), hasilnya dapat dilihat pada Gambar 18.



Gambar 18. Total Kelimpahan Mikroplastik

Jika dilihat dari hasil total kelimpahan mikroplastik tersebut, maka pada sedimen maupun perairan yang tertinggi berada di stasiun 5 (Laut Terbuka) yakni masing-masing sebesar 709,33 partikel/kg dan 2400,00 partikel/m³. Hal tersebut diduga terjadi karena adanya aliran sungai yang bukan berasal dari daerah Wonorejo saja melainkan dari tiga daerah lainnya yakni Jagir, Wonokromo, dan Gunung Anyar yang terakumulasi di perairan laut wilayah Pantai Timur Surabaya. Oleh karena itu, stasiun 5 memiliki kelimpahan paling tinggi pada seluruh jenis mikroplastik baik yang berada di sedimen maupun perairannya. Selain itu, diduga karena adanya faktor pasang surut yang terjadi dua kali sehari sehingga dapat mempengaruhi distribusi mikroplastik hingga sampai di laut terbuka. Perbandingan kelimpahan



mikroplastik pada sedimen dan perairan di penelitian ini dengan beberapa lokasi di Asia dapat dilihat pada Tabel. 13.

Tabel 13. Kelimpahan Mikroplastik di Beberapa Lokasi

Lokasi	Kelimpahan Mikroplastik		Sumber
	Sedimen (partikel/kg)	Perairan (partikel/m ³)	
Perairan Wonorejo, Surabaya	1525,33	8111,11	Penelitian ini
Perairan Bohai, Cina	102,9 – 163,3	3300 – 3400	Yu <i>et al.</i> (2016) dan Zhang <i>et al.</i> (2017)
Muara Sungai Oujiang, Cina	-	680,0 ± 284,6	Zhao <i>et al.</i> (2015)
Muara Sungai Jiaojiang, Cina	-	955,6 ± 848,7	Zhao <i>et al.</i> (2015)
Muara Sungai Minjiang, Cina	-	1245,8 ± 531,5	Zhao <i>et al.</i> (2015)
Muara Changjiang, Cina	20 – 340	-	Peng <i>et al.</i> (2017)
Kawasan Mangrove Singapura	12,0 – 26,7	-	Mohamed Nor dan Obbard (2014)
Perairan Hongkong	49 – 279	51 – 2790,9	Tsang <i>et al.</i> (2017)
Sungai Nakdong, Korea Selatan	-	210 – 15560	Kang <i>et al.</i> (2015)

Pada penelitian yang dilakukan di perairan Wonorejo ini, diketahui bahwa total nilai kelimpahan pada sedimen sebesar 1525,33 partikel/kg dan pada perairan sebesar 8111,11 partikel/m³. Nilai ini tergolong tinggi dibandingkan dengan penelitian-penelitian yang telah dilakukan sebelumnya pada lokasi yang berbeda.

Hal tersebut terjadi diduga karena adanya 4 sumber aliran sungai yakni sungai Jagir, Wonokromo, Wonorejo, dan Gunung Anyar (Sari *et al.*, 2017). Selain itu, perairan Wonorejo merupakan wilayah yang dekat dengan aktivitas manusia yang padat seperti adanya kegiatan pariwisata, memancing, melaut, dan industri



sehingga menjadi salah satu wilayah yang memiliki tingkat pencemaran tertinggi diantara wilayah di Wonorejo, Kota Surabaya lainnya (Rachmawati *et al.*, 2018). Oleh karena itu, dapat diduga limbah sampah terutama plastik banyak dihasilkan dari aktivitas-aktivitas tersebut dan terbawa melalui arus dimana perairan Wonorejo dalam satu hari terjadi dua kali pasang dan dua kali surut yang tentunya berpengaruh terhadap nilai kelimpahan mikroplastik yang didapatkan. Hal tersebut juga dapat dipengaruhi oleh perbedaan alat *sampling* dan metode identifikasi mikroplastik yang digunakan sehingga nilai yang didapatkan berbeda-beda antar lokasi (Kang *et al.*, 2015). Penelitian di Perairan Wonorejo ini menggunakan alat *sampling* berupa *plankton net* dan metode identifikasi mikroplastik yang digunakan berasal dari Hidalgo-Ruz *et al.* (2012) dan Cordova dan Wahyudi (2016). Pada sungai Nakdong, Korea Selatan, nilai kelimpahan mikroplastiknya pada perairan dapat mencapai nilai tertinggi dibandingkan dengan penelitian ini dan penelitian-penelitian lainnya saat musim hujan terjadi (Kang *et al.*, 2015) sehingga dapat dipastikan bahwa nilai kelimpahan di perairan Wonorejo juga dapat lebih tinggi saat penelitian dilakukan di musim hujan karena nilai kelimpahan saat ini didapatkan dari penelitian yang dilakukan saat matahari terik.

Pada perairan Bohai, Cina didapatkan nilai kelimpahan mikroplastik pada sedimen sebesar 102,9 – 163,3 partikel/kg. Kelimpahan tersebut dipengaruhi oleh adanya aktivitas antropogenik seperti pariwisata. Sampel yang diambil di permukaan dengan kedalaman ± 2 cm memiliki nilai kelimpahan yang lebih tinggi daripada kedalaman ± 20 cm. Lokasi yang paling banyak ditemukan mikroplastiknya yakni di wilayah muara karena diasumsikan muara menerima masukan mikroplastik dari sungai lebih banyak secara langsung dibandingkan dengan wilayah-wilayah pantai (Yu *et al.*, 2016). Sementara itu, perairan memiliki nilai kelimpahan sebesar 3300 – 3400 partikel/m³. Kelimpahan yang terdapat pada perairan Bohai, Cina dapat dipengaruhi oleh faktor gelombang dan angin.



Meskipun berada dalam keadaan laut yang tenang selama periode pengambilan sampel, terdapat kondisi laut yang buruk sebelum pengambilan sampel lapangan menurut catatan hidrologi dan meteorologi. Hal ini dapat menyebabkan partikel plastik terbawa ke wilayah perairan. Selain itu, hal tersebut juga dapat menyebabkan terjadinya pencampuran mikroplastik yang terdapat di permukaan dengan kolom air (Zhang *et al.*, 2017).

Cina menjadi salah satu dari tiga produsen limbah plastik yang paling besar di dunia (Rochman *et al.*, 2015). Oleh karena itu, tidak mengherankan jika mikroplastik banyak ditemukan melimpah di daerah pesisir negara itu, dimulai dari barat daya (Teluk Beibu dan Laut Cina) hingga ke tenggara (Oujiang, Jiaojiang, dan muara Minjiang) dan dari tenggara ke timur laut (Laut Bohai). Di Cina bagian tenggara, kepadatan mikroplastik di muara Minjiang lebih tinggi daripada dua muara lainnya, Oujiang dan Jiaojiang (Zhao *et al.*, 2015).

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Peng *et al.* (2017), diperoleh hasil bahwa nilai kelimpahan mikroplastik pada sedimen di muara Changjiang, Cina sebesar 20 – 340 partikel/kg. Kelimpahan mikroplastik tersebut terjadi karena faktor gelombang, pasang surut, dan arus air di sepanjang pantai. Bagian timur laut muara sungai luar Changjiang umumnya mengandung mikroplastik yang lebih banyak. Hal tersebut juga dipengaruhi oleh musim hujan dan musim panas dimana pada musim hujan mikroplastik banyak ditemukan di bagian selatan sedangkan pada musim panas mikroplastik banyak ditemukan di bagian timur laut.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Mohamed Nor dan Obbard (2014) di kawasan *mangrove* Singapura, diperoleh nilai kelimpahan mikroplastik pada sedimen sebesar 12,0 – 26,7 partikel/kg. Kelimpahan yang diperoleh dari penelitian ini disebabkan oleh adanya area tambak ikan. Oleh karena itu, mikroplastik menjadi terakumulasi di hutan *mangrove* yang didukung juga oleh adanya pengaruh hidrodinamika.



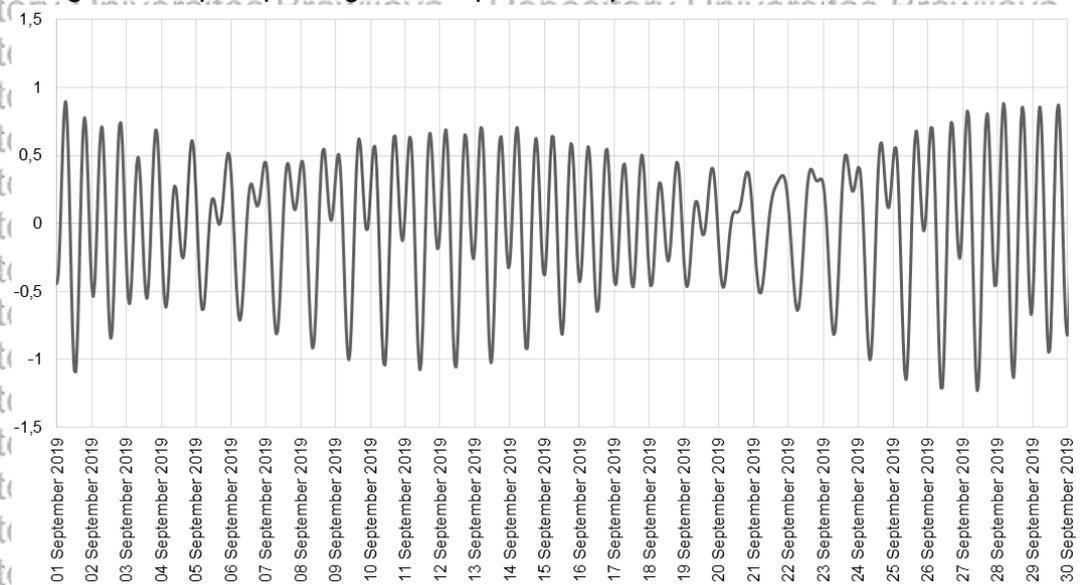
Pada perairan Hongkong berdasarkan hasil dari penelitian Tsang *et al.* (2017), diketahui bahwa nilai kelimpahan mikroplastik pada sedimen sebesar 49 – 279 partikel/kg sedangkan nilai kelimpahan mikroplastik pada perairan sebesar 51 – 2790,9 partikel/m³. Kelimpahan mikroplastik tersebut berasal dari adanya limbah plastik di lingkungan perairan laut Hongkong terutama yang berasal dari sumber-sumber berbasis lahan lokal seperti pembuangan limbah, pembuangan ilegal, limpasan air badai, kegiatan industri, serta kerugian akibat tumpahan dan distribusi yang tidak disengaja.

Sementara itu, nilai kelimpahan mikroplastik yang lebih tinggi terjadi saat musim hujan daripada musim kemarau di sungai Nakdong, Korea Selatan. Kelimpahan mikroplastik di sungai Nakdong, Korea Selatan meningkat dari 260 menjadi 1410 partikel/m³ saat musim kemarau dan 210 menjadi 15560 partikel/m³ saat musim hujan. Selain itu, kelimpahan yang berbeda juga disebabkan dari penggunaan alat saat pengambilan sampel. Pada penelitian ini, alat yang digunakan yakni *hand net* (Kang *et al.*, 2015). Sama halnya dengan kelimpahan mikroplastik yang didapati lebih besar nilainya di Hongkong selama musim hujan berlangsung (Fok dan Cheung, 2015). Sebaliknya, tidak ada variasi musiman yang berbeda jauh saat dilakukan penelitian di Hongkong oleh Tsang *et al.* (2017). Distribusi mikroplastik juga dipengaruhi oleh musim ketika rotasi antisiklon menghasilkan distribusi partikel-partikel mikroplastik dari utara hingga ke pantai selatan Teluk Bengal dimana studi lintas ini dilakukan oleh Eriksen *et al.* (2017).

4.3 Data Arus

Data arus merupakan data parameter fisika yang diambil pada penelitian ini meliputi kecepatan dan arah arus. Pengambilan data arus dilakukan pada 17 titik yang mewakili lima (5) stasiun pengambilan sampel mikroplastik. Titik 1 dan titik 2 mewakili keadaan di sekitar stasiun 1 (Dermaga). Titik 3 – 5 mewakili keadaan di

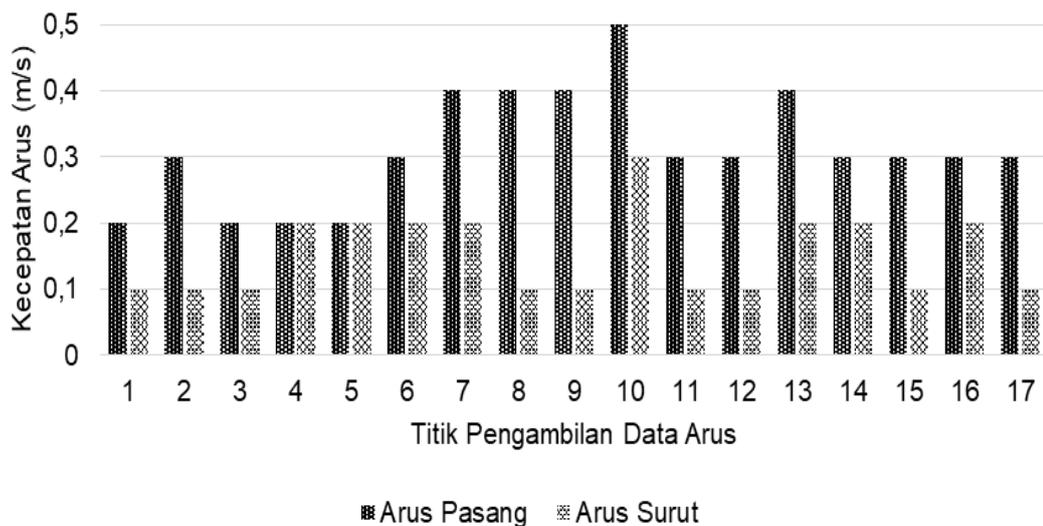
sekitar stasiun 2 (Ekowisata Mangrove). Titik 6 – 8 mewakili keadaan di sekitar stasiun 3 (Tambak). Titik 9 – 11 mewakili keadaan di sekitar stasiun 4 (Muara Sungai). Sementara itu, titik 12 – 17 mewakili keadaan di sekitar stasiun 5 (Laut Terbuka). Pengambilan data arus dilakukan menggunakan *current meter* FP211 dengan kedalaman ± 60 cm yang dimulai dari titik 1 hingga berakhir di titik 17. Penggunaan kompas juga dibutuhkan saat pengambilan data arus agar diketahui arah pergerakan arus dari masing-masing titik. Saat pengambilan data dilakukan, posisi perahu dalam keadaan mati. Hal tersebut dilakukan agar pergerakan arus tidak terpengaruh dengan pergerakan perahu dan didapatkan data yang sesuai. Pengambilan data arus dilakukan sebanyak dua kali yakni pada pagi hari sekitar pukul 08.00 – 11 WIB untuk mengetahui pergerakan arus pasang dan pada siang menjelang sore hari sekitar pukul 13.00 – 15.00 WIB untuk mengetahui pergerakan arus surut. Data pasang surut diperoleh dari hasil prediksi TMD (*Tide Model Driver*) berupa data tinggi muka air pada lokasi penelitian (Suandi *et al.*, 2016). Data yang menghasilkan pola pasang surut dapat dilihat pada Gambar 19.



Gambar 19. Pola Pasang Surut

Perairan Wonorejo memiliki tipe pasang surut campuran condong harian ganda sehingga terjadi dua kali pasang dan dua kali surut. Hal tersebut dapat

diketahui dari perolehan nilai *Formzhal* sebesar 0,65 yang nilainya berada diantara 0,25 – 1,5. Oleh karena itu, dilakukan dua kali pengambilan data arus pada penelitian ini yang nantinya dapat dikaitkan dengan nilai kelimpahan mikroplastik yang didapatkan. Hasil dari pengambilan data arus saat pasang dan saat surut di lapang yang telah diolah menggunakan *software Microsoft Excel 2013* dapat dilihat melalui diagram batang pada Gambar 20.



Gambar 20. Kecepatan Arus saat Pasang dan Surut

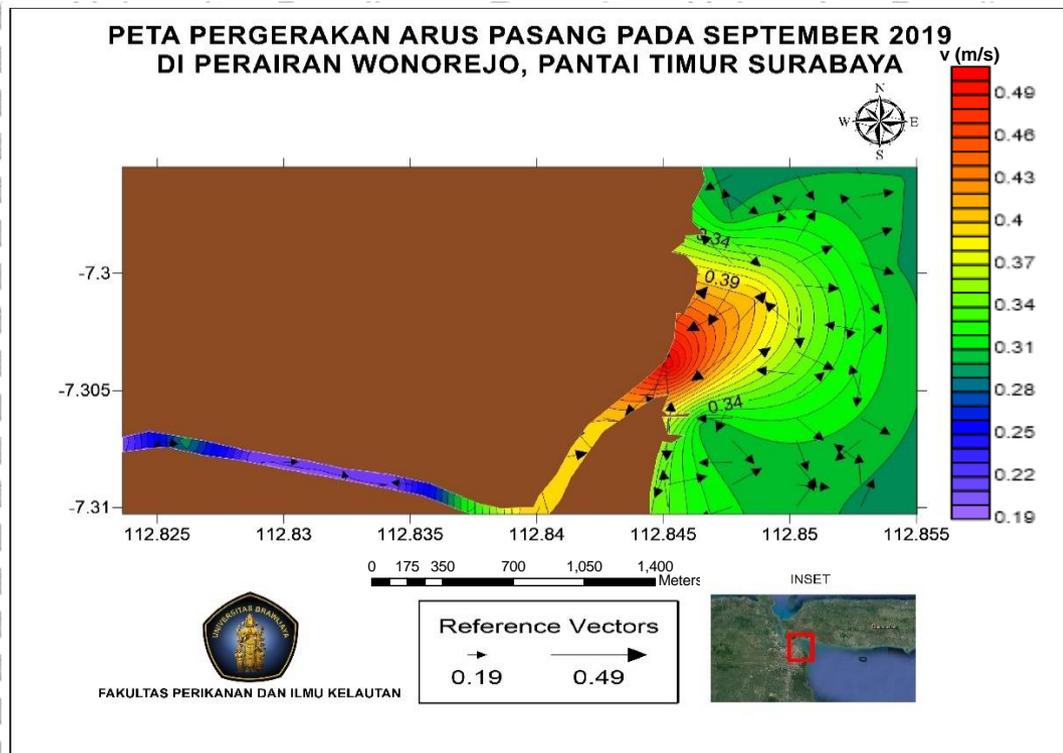
Berdasarkan dari diagram batang diatas, dapat dilihat bahwa kecepatan arus saat pasang di perairan Wonorejo pada September 2019 berkisar antara 0,2 – 0,5 m/s dengan rata-rata nilainya sebesar 0,49 m/s yang termasuk dalam kategori kecepatan sedang. Kecepatan arus tertinggi terdapat di titik 10 (Muara Sungai) dengan nilai sebesar 0,5 m/s dan kecepatan arus terendah terdapat di titik 1, 2, 3, dan 4 (di sekitar stasiun dermaga dan ekowisata *mangrove*) dengan nilai sebesar 0,2 m/s. Titik 10 memiliki nilai kecepatan arus tertinggi dikarenakan pada saat pengambilan data arus terdapat aktivitas perahu yang lalu lalang baik yang berasal dari arah laut maupun yang menuju ke arah laut. Sementara itu, pada titik 1, 2, 3, dan 4 memiliki nilai kecepatan arus terendah dikarenakan pada saat pengambilan data arus tidak ditemukan adanya aktivitas kapal dan perahu yang lalu lalang sehingga alirannya menjadi tenang.



Pada saat surut, kecepatan arus tertinggi masih terdapat pada titik 10 dengan nilai sebesar 0,3 m/s. Kecepatan arus terendah terdapat pada titik 1, 2, 3, 8, 9, 11, 12, 15, dan 17 sebesar 0,1 m/s. Rata-rata kecepatan arus saat surut yakni 0,15 m/s. Titik 10 memiliki nilai kecepatan arus tertinggi dikarenakan saat pengambilan data masih terdapat kapal dan perahu yang mengangkut para pengunjung ke area gazebo di dekat laut sehingga hal tersebut dapat mempengaruhi perolehan nilai kecepatan arus. Pada titik-titik yang dekat dengan stasiun dermaga dan stasiun laut terbuka kebanyakan memiliki nilai terendah dikarenakan sudah tidak ditemukan aktivitas kapal maupun perahu. Menurut Surbakti (2012), ketidaksimetrisan arus pasut merupakan suatu fenomena yang umum dijumpai di daerah muara sungai. Hal tersebut dikarenakan pada saat pasang akan terjadi peristiwa masuknya massa air dari laut dan hulu sungai sehingga massa air akan menumpuk di muara dan menyebabkan muka air laut semakin cepat mengalami kenaikan. Sementara itu, pada saat surut massa air akan meninggalkan muara menuju laut tetapi massa air masih masuk ke muara dari hulu sehingga waktu yang dibutuhkan relatif lebih lama. Selain itu, konfigurasi dasar laut juga mempengaruhi arah dan kecepatan arus dimana arus juga berpengaruh besar terhadap transportasi sedimen yang lebih banyak ditemukan di daerah muara sungai.



Pengambilan data lapang dilakukan pada 8 September 2019 dimana bulan tersebut termasuk ke dalam musim peralihan II (peralihan dari Musim Timur ke Musim Barat) yang berlangsung pada September – November. Menurut Daruwedho dan Sasmito (2016), arah dan kecepatan arus juga dipengaruhi oleh angin muson. Rata-rata kecepatan arus pada musim peralihan ini biasanya lemah pada hampir seluruh perairan di Indonesia baik pada saat pasang maupun surut dengan arah pergerakan arus yang tidak teratur. Hal tersebut dikarenakan angin yang bergerak juga tidak terarah. Pola pergerakan arus saat pasang di perairan Wonorejo pada September 2019 ini dapat dilihat pada Gambar 21.

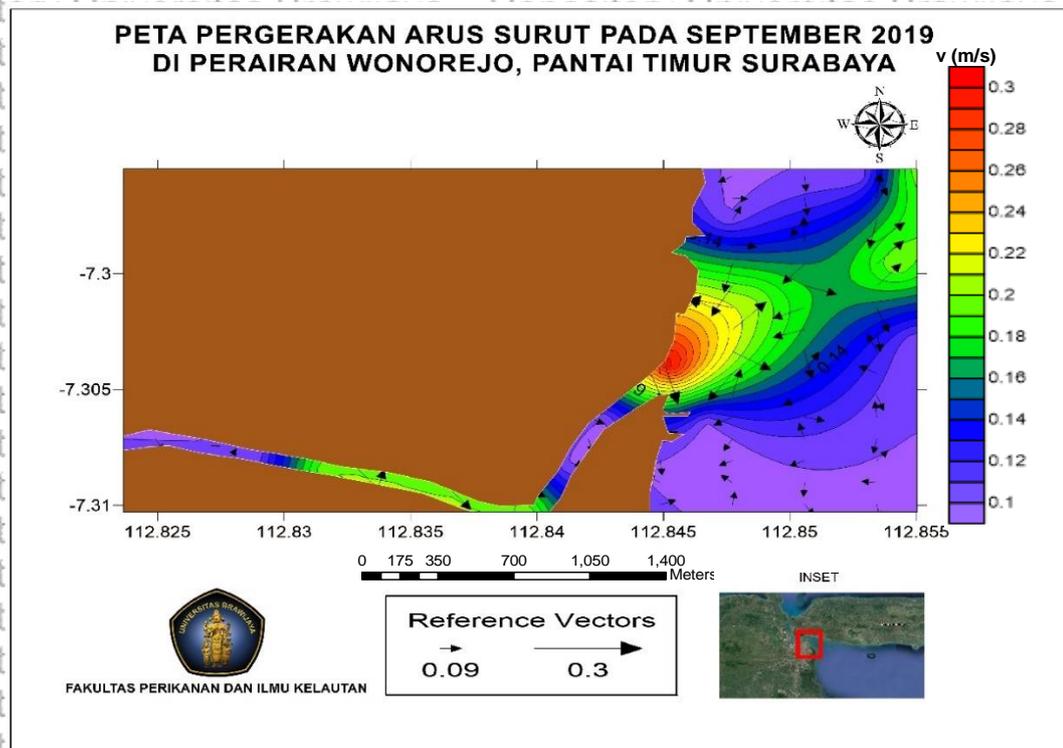


Gambar 21. Peta Arus saat Pasang

Berdasarkan dari peta pergerakan arus saat pasang diatas, dapat dilihat bahwa arah arus tidak teratur dengan rentang nilai kecepatan antara 0,19 – 0,49 m/s.

Warna hijau muda hingga merah pada peta menunjukkan bahwa kecepatan arus saat pasang memang tergolong sedang. Pada saat pasang, arus bergerak ke arah barat dari perairan laut yang arahnya tidak teratur dan masuk ke daerah sungai.

Sementara itu, pola pergerakan arus saat surut di perairan Wonorejo pada September 2019 ini dapat dilihat pada Gambar 22.



Gambar 22. Peta Arus saat Surut

Berdasarkan dari peta pergerakan arus saat surut, dapat dilihat bahwa arah arus tidak teratur dengan rentang nilai kecepatan antara 0,09 – 0,3 m/s. Mayoritas warna ungu muda hingga biru pada peta menunjukkan bahwa kecepatan arus saat surut tergolong lambat. Pada saat surut, arus bergerak ke arah timur dan utara yang berasal dari sungai menuju ke perairan laut dan pergerakannya tidak teratur.

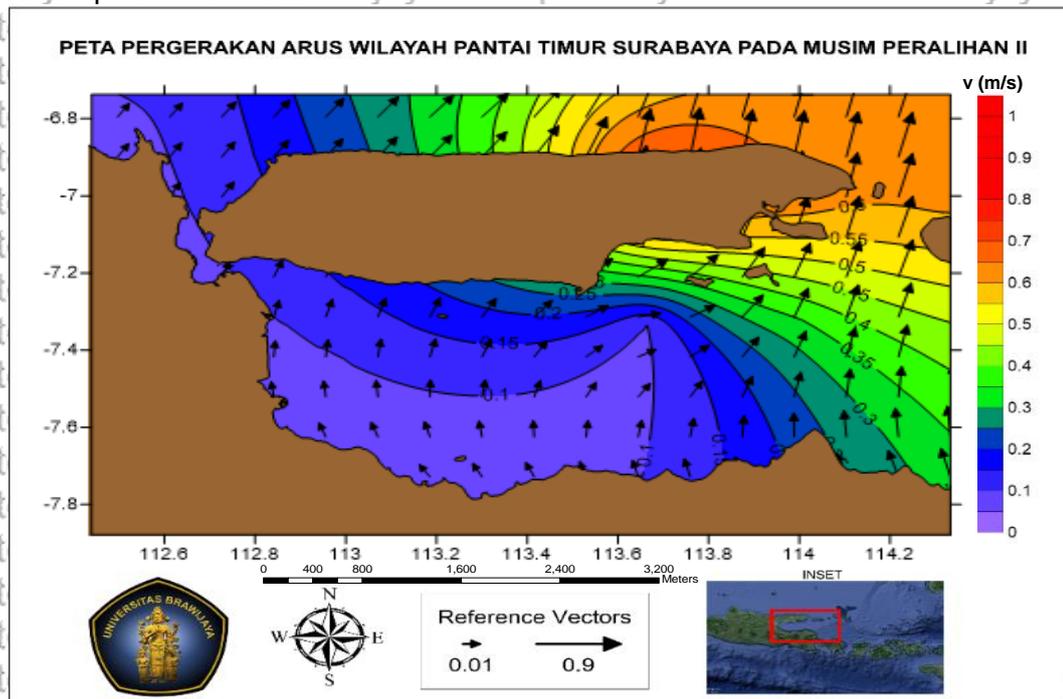
Pada saat pasang, massa air cenderung bergerak menuju ke arah sungai dan saat surut massa air akan bergerak menuju perairan laut. Arus yang bergerak berlawanan saat pasang dan surut disebut sebagai arus berbalik (*slack water*) dengan kecepatan yang relatif kecil (Surbakti, 2012). Pada periode September – November, arah arus tidak teratur dimana arus yang datang dapat dari arah selatan, barat, timur, maupun utara dengan kecepatan yang tergolong lemah dan memiliki potensi terjadinya siklon tropis (Daruwedho dan Sasmito, 2016).



Pergerakan arus menjadi salah satu faktor yang mempengaruhi keberadaan mikroplastik di suatu perairan. Mikroplastik tersebut dibawa dari hasil aktivitas antropogenik seperti limbah cucian, memancing ikan, dan aktivitas lainnya yang menghasilkan buangan sampah berupa plastik. Mikroplastik akan sampai ke perairan laut melalui aliran sungai. Penumpukan sampah terjadi karena pengelolaan limbah yang buruk yakni hanya 45% dan persentase yang tinggi dari limbah sehingga pengumpulan limbah sampah tidak dikelola dengan baik yakni hanya sekitar 70% dari yang semestinya dikelola. Oleh karena itu, sungai menjadi salah satu media yang memiliki potensi besar dalam membawa mikroplastik masuk ke perairan (Wijnen *et al.*, 2019).

Distribusi partikel mikroplastik terutama mikroplastik di lingkungan perairan disebabkan karena adanya sirkulasi arus yang terjadi baik di lapisan permukaan air maupun lapisan bawah air (Jungnickel *et al.*, 2016). Arus yang memiliki kecepatan sedang hingga kuat dapat membawa mikroplastik dari satu tempat ke tempat lainnya dan mikroplastik tersebut akan melayang di permukaan laut. Hal tersebut terjadi karena massa jenis mikroplastik lebih ringan jika dibandingkan dengan massa jenis air laut. Kecepatan arus yang lambat akan menyebabkan mikroplastik tenggelam dan mengendap di sedimen karena pengaruh dari organisme dan partikel lainnya (Browne *et al.*, 2011; Vianello *et al.*, 2013; Zalasiewicz *et al.*, 2016). Partikel-partikel mikroplastik tidak hanya terdeteksi di daerah permukaan dan kolom air, tetapi juga di lapisan sedimen bawah air. Hal tersebut terjadi karena adanya distribusi vertikal yang disebabkan oleh pencampuran angin sehingga mikroplastik akan terakumulasi ke lapisan bawah air (Kooi *et al.*, 2017). Keberadaan mikroplastik selain terendap di sedimen dan terbawa arus juga terakumulasi di organisme laut melalui terjadinya proses *biofouling* (Wright *et al.*, 2013).

Selanjutnya, sebagai data pembandingan dilakukan pengolahan data arus di sekitar daerah perairan Pantai Timur Surabaya yang diunduh dari data OSCAR pada Musim Peralihan II (September – November) tahun 2019. Data tersebut diolah menggunakan *software* ODV (*Ocean Data View*) untuk mengubah format *file* yang masih dalam bentuk .nc agar dapat diolah di *Microsoft Excel* dan dilakukan proses selanjutnya yakni *gridding* di *software Surfer 10*. Hasil peta dapat dilihat pada Gambar 23.



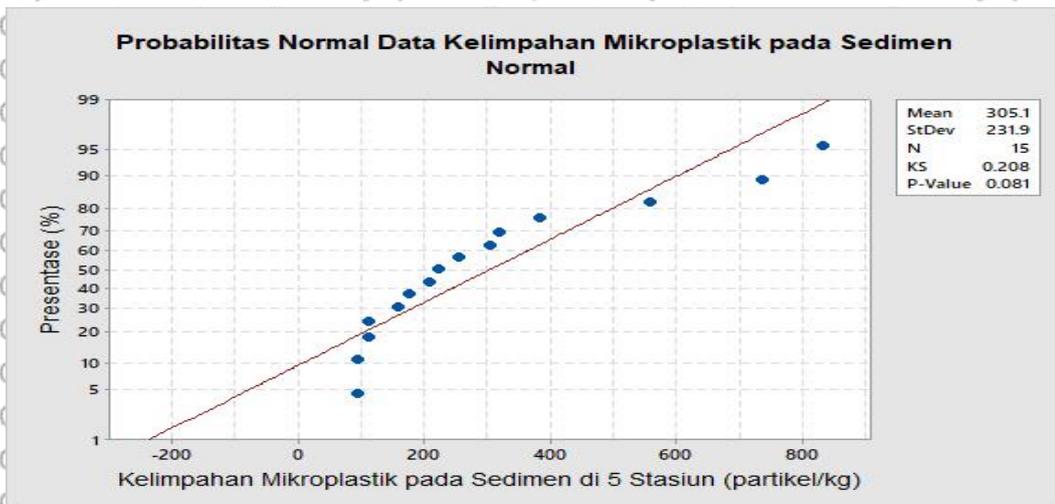
Gambar 23. Peta Pergerakan Arus Pantai Timur Surabaya

Berdasarkan dari peta diatas, dapat diketahui bahwa pergerakan arus saat musim peralihan II (September – November 2019) bergerak dengan tidak teratur. Bulan September, Oktober, dan November merupakan masa peralihan antara muson timur ke muson barat dengan pergerakan yang arahnya tidak teratur dan kecepatan yang tergolong lemah (Daruwedho dan Sasmito, 2016). Pergerakan arus berasal dari arah selatan dan barat menuju ke arah timur laut dengan kecepatan yang tergolong lemah. Rata-rata kecepatan arus yang terdapat di sekitar perairan Pantai Timur Surabaya berkisar antara 0,1 – 0,25 m/s yang ditandai dengan warna biru muda hingga biru tua.



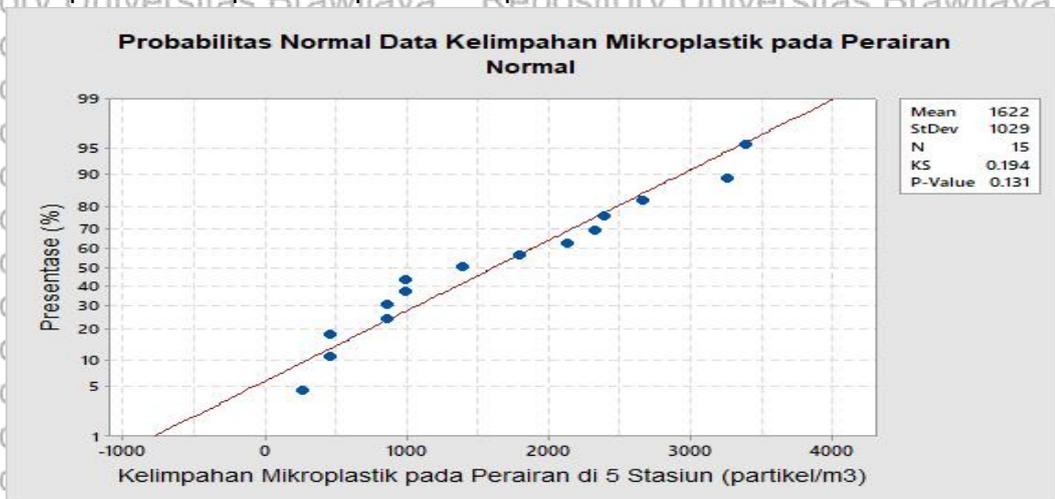
4.4 Hubungan Kelimpahan Mikroplastik pada Sedimen dan Perairan

Hubungan antara kelimpahan mikroplastik pada sedimen dan perairan yang diambil dari lima (5) stasiun berbeda dapat diketahui dengan melakukan uji probabilitas normal data total kelimpahan masing-masing stasiun. Setelah hasilnya terdistribusi normal, maka dapat dilanjutkan dengan uji korelasi *Pearson correlation*. Uji probabilitas normal data yang telah dilakukan pada kelimpahan mikroplastik di sedimen dapat dilihat melalui Gambar 24.



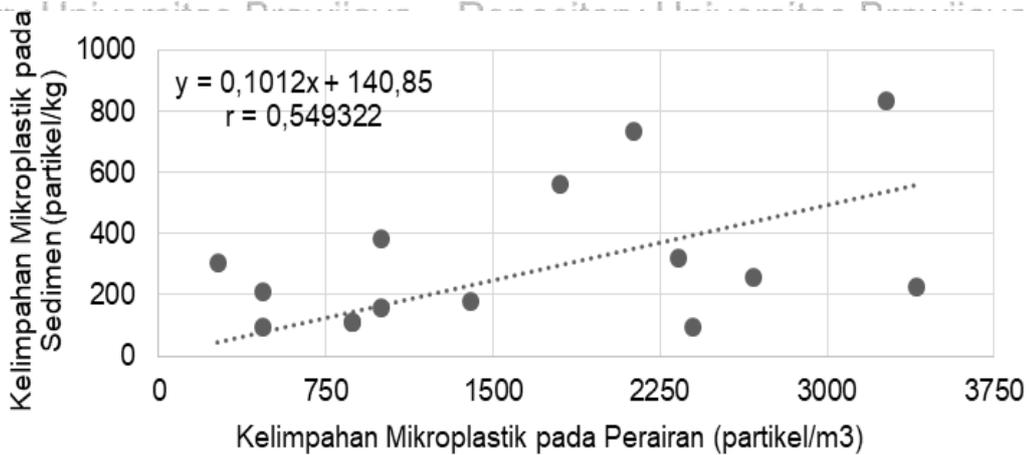
Gambar 24. Probabilitas Normal Data Kelimpahan Mikroplastik pada Sedimen

Berdasarkan dari hasil uji normalitas tersebut, diketahui bahwa data terdistribusi normal dengan nilai *P-Value* sebesar 0,081 (terima H_0 karena nilai $\alpha > 0,05$). Sementara itu, uji probabilitas normal data yang telah dilakukan pada kelimpahan mikroplastik di perairan dapat dilihat melalui Gambar 25.



Gambar 25. Probabilitas Normal Data Kelimpahan Mikroplastik pada Perairan

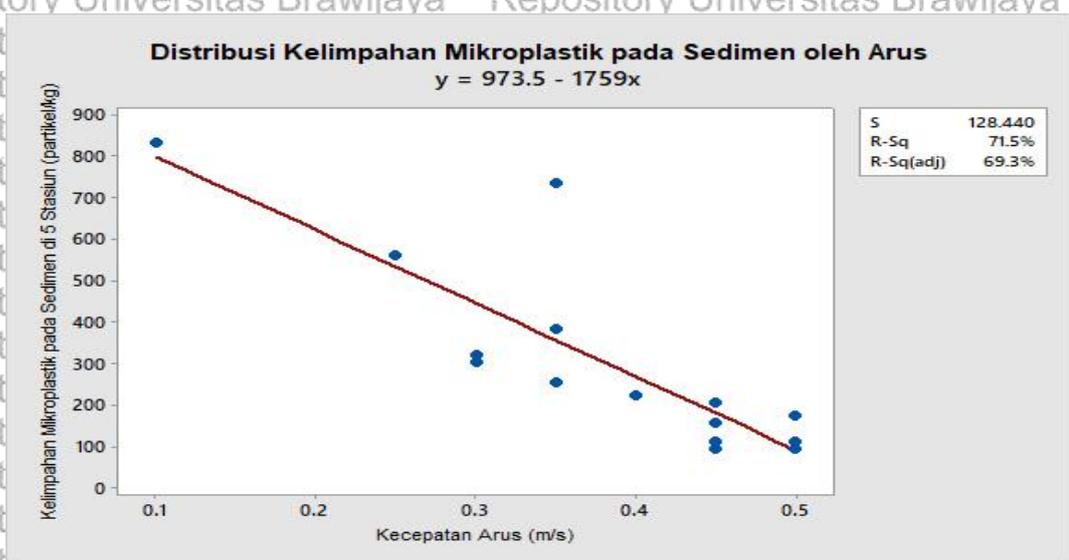
Berdasarkan dari hasil uji normalitas tersebut, diketahui bahwa data terdistribusi normal dengan nilai P -Value sebesar 0,131 (Terima H_0 karena nilai $\alpha > 0,05$). Setelah dilakukan uji distribusi normal, maka dapat dilakukan uji korelasi *Pearson correlation* untuk mengetahui hubungan kelimpahan mikroplastik pada sedimen dan perairan. Hasil uji korelasi yang telah dilakukan menunjukkan bahwa kelimpahan mikroplastik pada sedimen dan perairan memiliki hubungan karena didapatkan nilai $r \neq 0$ yakni sebesar 0,549 dan tergolong cukup. Hasil dari uji korelasi kelimpahan mikroplastik pada sedimen dengan perairan dapat dilihat pada Gambar 26.



Gambar 26. Hubungan Kelimpahan Mikroplastik pada Sedimen dan Perairan

4.5 Hubungan Distribusi Mikroplastik dengan Arus

Distribusi mikroplastik yang dikaitkan dengan adanya arus dapat diketahui hasilnya dengan uji regresi linear. Hasil dari uji regresi linear distribusi mikroplastik pada sedimen yang dikaitkan dengan arus didapatkan *Regression Equation* $y = 973,5 - 1759x$ yang dapat dilihat pada Gambar 27.

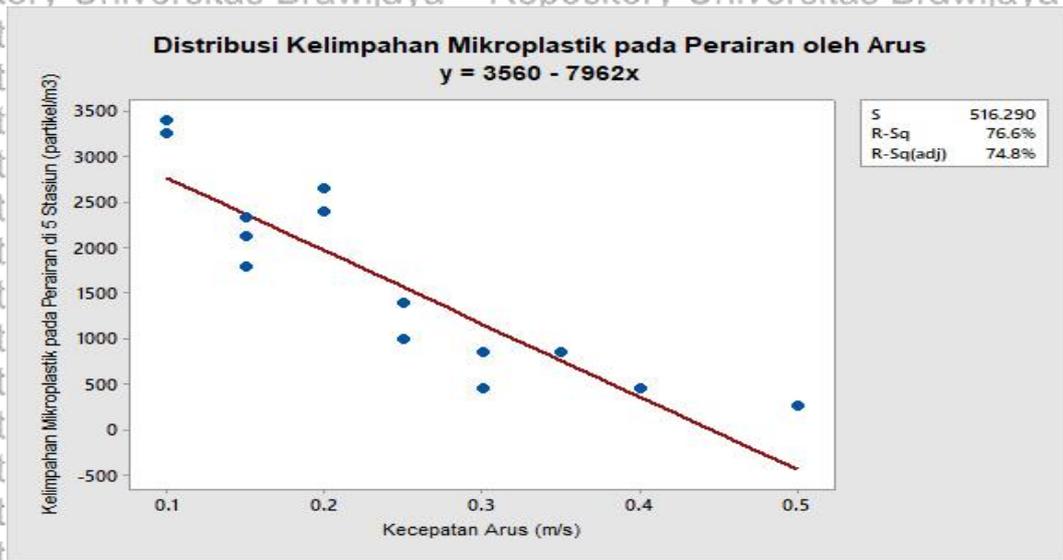


Gambar 27. Distribusi Kelimpahan Mikroplastik di Sedimen oleh Arus

Berdasarkan dari gambar di atas, dapat diketahui bahwa terdapat hubungan yang berbanding terbalik antara kelimpahan mikroplastik di sedimen dengan kecepatan arus. Kelimpahan akan bernilai relatif semakin kecil seiring dengan kecepatan arus yang semakin cepat karena diduga mikroplastik akan terbawa ke lokasi-lokasi lainnya. Sementara itu, kelimpahan akan bernilai relatif besar seiring dengan melambatnya pergerakan arus. Hal ini dikarenakan mikroplastik akan lebih banyak berada di lokasi perairan tersebut dan lambat laun akan mengendap ke sedimen. Pengaruh kecepatan arus terhadap nilai kelimpahan mikroplastik pada sedimen sebesar 71,5%.

Sementara itu, hasil dari uji regresi linear menunjukkan bahwa terdapat hubungan signifikan antara distribusi mikroplastik pada perairan dengan arus karena didapatkan *Regression Equation* $y = 3560 - 7962x$ yang dapat dilihat pada

Gambar 28.



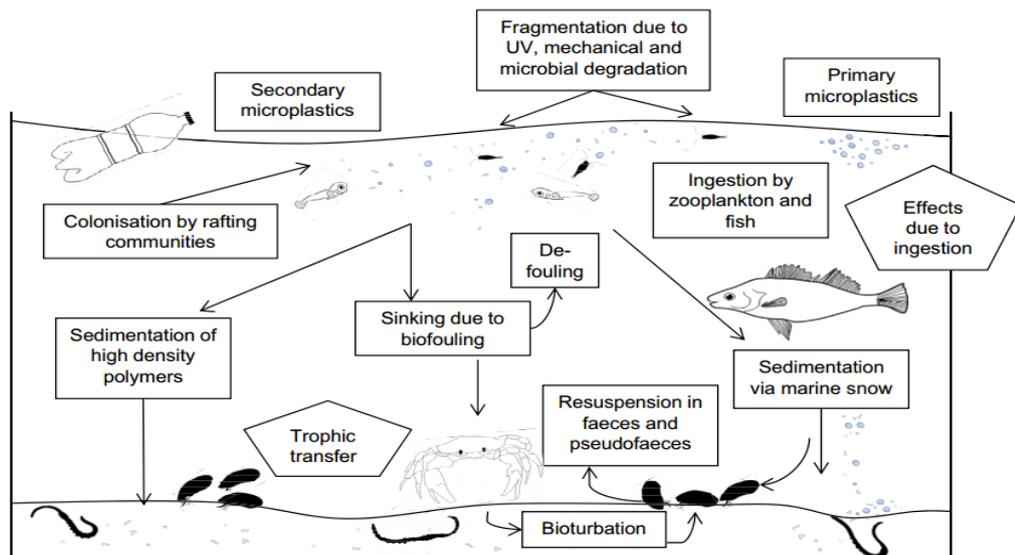
Gambar 28. Distribusi Kelimpahan Mikroplastik di Perairan oleh Arus

Berdasarkan dari gambar diatas, dapat diketahui bahwa nilai distribusi kelimpahan mikroplastik di perairan berbanding terbalik dengan kecepatan arus.

Nilai kelimpahan mikroplastik akan semakin besar di perairan seiring dengan kecepatan arus yang lambat. Sementara itu, nilai kelimpahan akan semakin kecil di perairan seiring dengan kecepatan arus yang cepat karena diduga mikroplastik akan dibawa hingga ke perairan lainnya. Pengaruh kecepatan arus terhadap nilai kelimpahan mikroplastik pada perairan sebesar 76,6% yang menandakan bahwa arus memiliki pengaruh yang kuat terhadap besar kecilnya nilai kelimpahan mikroplastik pada perairan.

Mikroplastik yang memiliki densitas tinggi akan terendap ke lapisan bawah (sedimen) sedangkan mikroplastik dengan densitas yang rendah akan mengapung di permukaan air (Claessens *et al.*, 2011). Hal tersebut juga dipengaruhi oleh kecepatan arus dimana arus yang cepat akan mendistribusikan mikroplastik ke perairan laut lepas sedangkan arus lambat akan mengendapkan mikroplastik ke lapisan bawah (Jungnickel *et al.*, 2016). Keberadaan mikroplastik pada permukaan air dapat terjadi karena adanya distribusi vertikal mikroplastik yang disebabkan oleh keadaan perairan laut dan turbulensi dari angin yang

bergerak (Kukulka *et al.*, 2012; Reisser *et al.*, 2015). Konsentrasi mikroplastik akan turun secara eksponensial seiring dengan meningkatnya kedalaman yang berada di bawah 5 m (Shim *et al.*, 2018). Organisme yang terdapat di sedimen dan perairan juga akan terkena imbas dari adanya distribusi vertikal mikroplastik ini. Pada perairan, mikroplastik dapat ditemukan di dalam tubuh ikan yang mengira bahwa mikroplastik tersebut adalah makanannya. Organisme pada sedimen yang dapat terakumulasi mikroplastik yakni cacing *Arenicola marina* (Wright *et al.*, 2013). Distribusi vertikal mikroplastik dapat terjadi karena adanya kompleksitas antara kerapatan, ukuran, bentuk, massa *biofilament* dari plastik, intensitas gelombang, turbulensi, dan profil kerapatan air laut (Shim *et al.*, 2018). Menurut Wright *et al.* (2013), distribusi vertikal mikroplastik dari perairan menuju sedimen dapat dilihat pada Gambar 29.



Gambar 29. Distribusi Vertikal Mikroplastik
(Sumber : Wright *et al.*, 2013)

Sementara itu, distribusi horizontal dari mikroplastik pada permukaan di lingkungan perairan laut secara musiman dipengaruhi oleh tingkat masukan aliran sungai yang berasal dari sumber berbasis darat (Lima *et al.*, 2014). Sungai memiliki kemampuan membawa partikel plastik dari daratan menuju ke perairan laut melewati muara karena adanya dinamika aliran. Hal ini menunjukkan bahwa



sungai menjadi media distribusi mikroplastik di lingkungan secara vertikal maupun horizontal (Besseling *et al.*, 2015; Horton *et al.*, 2017). Mikroplastik yang memiliki densitas rendah akan terapung di permukaan air dan terbawa menuju ke perairan laut. Distribusi ini dapat terjadi karena faktor kecepatan arus yang disebabkan oleh pasang surut dan pergerakan angin. Arus yang cepat akan membawa mikroplastik sampai ke perairan lainnya sedangkan arus yang lambat akan mengendapkan mikroplastik ke sedimen (Claessens *et al.*, 2011; Zhang *et al.*, 2017). Pergerakan arus oleh angin menjadi salah satu faktor utama yang menyebabkan terjadinya distribusi mikroplastik di permukaan air secara horizontal yang terakumulasi di perairan laut.



5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Pada penelitian yang dilakukan ini, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Mikroplastik jenis *fragment* paling banyak ditemukan pada sedimen stasiun 5 (Laut Terbuka) dengan nilai kelimpahan sebesar 496,00 partikel/kg.

Sementara itu, mikroplastik jenis *fiber* paling banyak ditemukan pada perairan stasiun 2 (Ekowisata *Mangrove*) yakni sebesar 1822,22 partikel/m³. Total nilai kelimpahan pada sedimen sebesar 1525,33 partikel/kg dan perairan sebesar 8111,11 partikel/m³. Warna hitam ditemukan paling banyak sedangkan warna krem ditemukan paling sedikit pada keseluruhan jenis mikroplastik. Nilai kelimpahan sedimen dengan perairan memiliki hubungan yang tergolong cukup berdasarkan dari uji korelasi dengan nilai *r* sebesar 0,549.

2. Distribusi mikroplastik terdiri dari 2 macam yaitu distribusi secara vertikal dan distribusi secara horizontal. Berdasarkan uji regresi linear, kecepatan arus mempengaruhi nilai kelimpahan mikroplastik pada sedimen sebesar 71,5% sedangkan pada perairan sebesar 76,6% sehingga arus dapat dikatakan memiliki hubungan terhadap nilai kelimpahan mikroplastik pada sedimen maupun perairan. Nilainya berbanding terbalik dimana arus yang tenang akan menyebabkan kelimpahan mikroplastik di sedimen maupun perairan menjadi besar sedangkan arus yang cepat akan menyebabkan kelimpahannya menjadi kecil karena akan terbawa hingga ke perairan lainnya.

5.2 Saran

Sebaiknya pada penelitian selanjutnya, pengambilan sampel dilakukan bukan pada musim peralihan II (September – November) agar dapat diketahui perbedaan hasilnya. Sampel yang diteliti dapat ditambahkan satu sampel lagi seperti sampel



biota laut untuk menambah perbandingan kelimpahan mikroplastik sehingga perbandingannya tidak hanya pada sampel sedimen dan sampel air. Selain itu, pada penelitian selanjutnya dapat dilakukan identifikasi ukuran dan polimer mikroplastik. Hal tersebut bertujuan untuk mengetahui jenis polimer yang mendominasi di perairan Wonorejo, Pantai Timur Surabaya sehingga diharapkan dengan semakin banyaknya penelitian di daerah ini nantinya dapat ditemukan solusi dan mendapatkan perhatian khusus untuk mengatasi permasalahan sampah terutama plastik.