

I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Polusi plastik merupakan salah satu polusi yang menjadi perhatian dunia dan menyebar di lingkungan laut serta menimbulkan ancaman pada ekosistem laut (Law 2017). Plastik merupakan polimer sintetis dari berbagai monomer yang umumnya hasil dari ekstrak minyak atau gas (Guvan *et al.* 2017). Produksi plastik diduga telah mencapai 348 juta ton kubik pada tahun 2018 dan terus meningkat setiap tahun (Plastics Europe 2018). Peningkatan produksi dan rendahnya tingkat kemampuan degradasi plastik yang mencapai puluhan hingga ratusan tahun, berkontribusi pada masalah lingkungan berupa akumulasi mikroplastik di habitat laut (Browne *et al.* 2011). Faktor abrasi fisik oleh gelombang yang dibantu secara mekanis dan proses fotokimia oleh UV-B dapat menyebabkan fragmentasi plastik (Andrade 2011). Fragmen plastik dengan ukuran kecil <5 mm dikategorikan sebagai mikroplastik (Cauwenbergh *et al.* 2013; Dris *et al.* 2017).

Sumber mikroplastik dapat dibedakan menjadi sumber primer dan sekunder. Sumber primer berupa *polyethylene*, *polypropylene*, *polystyrene* yang ditemukan dalam produk-produk pembersih dan kosmetik seperti *scrubber* dan film yang diproduksi untuk bahan baku produk plastik (Cole *et al.* 2011). Sumber sekunder mikroplastik merupakan salah satu sumber utama keberadaan mikroplastik di lingkungan perairan laut (Hildago-Ruz *et al.* 2012). Sumber sekunder dari mikroplastik berupa serat fragmen yang dihasilkan dari pemecahan barang-barang plastik yang lebih besar (Browne *et al.* 2011; Cole *et al.* 2011). Keberadaan sumber sekunder mikroplastik biasanya dikaitkan dengan daerah yang memiliki kepadatan penduduk tinggi (Ballent *et al.* 2012; Desforges *et al.* 2014).

Mikroplastik memiliki bahan dasar yang berbahaya dan dapat menyerap senyawa hidrofobik beracun dari lingkungan (Fisner *et al.* 2013a), seperti *dichloro diphenyl trichloroethane* (DDT), *polychlorinated biphenyls* (PCB), *polycyclic aromatic hydrocarbon* (PAH), *nonylphenols* dan zat non polar lainnya yang terserap pada permukaan plastik (Fisner *et al.* 2013b), dan dapat terkonsumsi oleh organisme (Chua *et al.* 2014). Mikroplastik menjadi ancaman potensial terhadap kesehatan dan kegiatan manusia (Thompson *et al.* 2009). Akumulasi mikroplastik dalam tubuh organisme mengakibatkan kerusakan fisik dan kimia seperti kerusakan organ internal, penyumbatan saluran pencernaan, bersifat karsinogenik dan gangguan endokrin (Nadal *et al.* 2016; Kolandasamy *et al.* 2018).

Penelitian yang telah dilakukan beberapa tahun terakhir, mikroplastik telah menyebar ke perairan. Sebagai contoh, mikroplastik menyebar pada 10 lokasi di wilayah pesisir Mediterania. Mikroplastik dengan jenis polimer (*polyethylene* dan *polypropylene*) di sedimen dipengaruhi oleh kegiatan antropogenik, di antaranya budidaya, industri dan pusat kota (Vinello *et al.* 2013). Kepadatan tinggi mikroplastik mencapai ribuan hingga ratusan partikel m⁻³ juga ditemukan di permukaan perairan (Desforeges *et al.* 2014) dengan sebaran luas (Lusher *et al.* 2014) dan ukuran (Lusher *et al.* 2017) berpotensi dikonsumsi oleh berbagai organisme laut (Setala *et al.* 2014). Semakin kecil ukuran partikel mikroplastik, semakin besar kemungkinan partikel tersebut oleh organisme perairan (Carson *et al.* 2013). Selanjutnya, beberapa penelitian menemukan kandungan mikroplastik pada organisme, antara lain *Chlorella sp.* dan *scedesmus* yang menghambat



fotosintesis (Bhattachary *et al.* 2010), zooplankton (Desforges *et al.* 2015), kerang (Kolandhasamy *et al.* 2018) dan ikan (Nadal *et al.* 2016) serta mamalia seperti hiu dan paus yang diduga berasal dari proses rantai makanan (Lusher *et al.* 2015).

Penelitian mikroplastik juga dilakukan di Indonesia di antaranya oleh Manalu (2017) yang menunjukkan kelimpahan mikroplastik di sedimen Teluk Jakarta berkisar 18,405 sampai 38,790 partikel kg⁻¹ dan di perairan berkisar 3050 sampai 6708 partikel m⁻³ dengan tipe tertinggi adalah fragmen. Penelitian lain di Bintan Kepulauan Riau menemukan kelimpahan mikroplastik pada air, dengan kisaran 122,8 partikel m⁻³ dengan tipe tertinggi adalah fragmen (Syakti *et al.* 2018). Cordova *et al.* (2018) menemukan kelimpahan mikroplastik di perairan Sumba, Nusa Tenggara Timur berkisar 24,5 partikel m⁻³ dengan tipe tertinggi adalah fiber.

Teluk Kendari merupakan salah satu wilayah pesisir yang memiliki hutan mangrove sebagai habitat pendukung kehidupan bagi sejumlah organisme perairan antara lain ikan dan bivalvia (Akbar *et al.* 2014; Asriyana *et al.* 2018; Ruslin *et al.* 2019). Aktivitas sekitar Teluk Kendari berpotensi menghasilkan banyak sampah plastik yang berdampak pada organisme perairan. Mikroplastik yang terdapat di Teluk Kendari berasal dari limbah domestik, industri perikanan, pertanian dan kegiatan aktivitas lainnya (Armid *et al.* 2017). Mikroplastik ini diduga menyebar ke luar teluk dan mencemari Laut Banda serta akan menjadi masalah besar di laut tersebut. Saat ini, data atau informasi awal mengenai mikroplastik di wilayah Teluk Kendari masih terbatas. Oleh karena itu penting untuk dilakukan penelitian mengenai mikroplastik di Teluk Kendari.

1.2 Rumusan Masalah

Teluk Kendari merupakan salah satu wilayah pesisir memiliki potensi sumberdaya perairan dan fungsi pendukung kehidupan yang sangat penting. Sebagai sumberdaya perairan, habitat bagi sejumlah organisme yang hidup di dalamnya, antara lain hutan mangrove, ikan dan bivalvia. Aktivitas yang ada di Teluk Kendari menghasilkan banyak sampah plastik, hal ini akan berdampak pada organisme perairan.

Berdasarkan uraian tersebut, maka masalah penelitian terkait dengan kandungan mikroplastik di Teluk Kendari adalah sebagai berikut:

1. Berapa kelimpahan mikroplastik yang ada di kolom perairan di Teluk Kendari?
2. Berapa potensi mikroplastik yang masuk dari darat dan keluar di Teluk Kendari?
3. Bagaimana potensi terhadap kemungkinan mikroplastik masuk ke organisme ikan di Teluk Kendari?

1.3 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah:

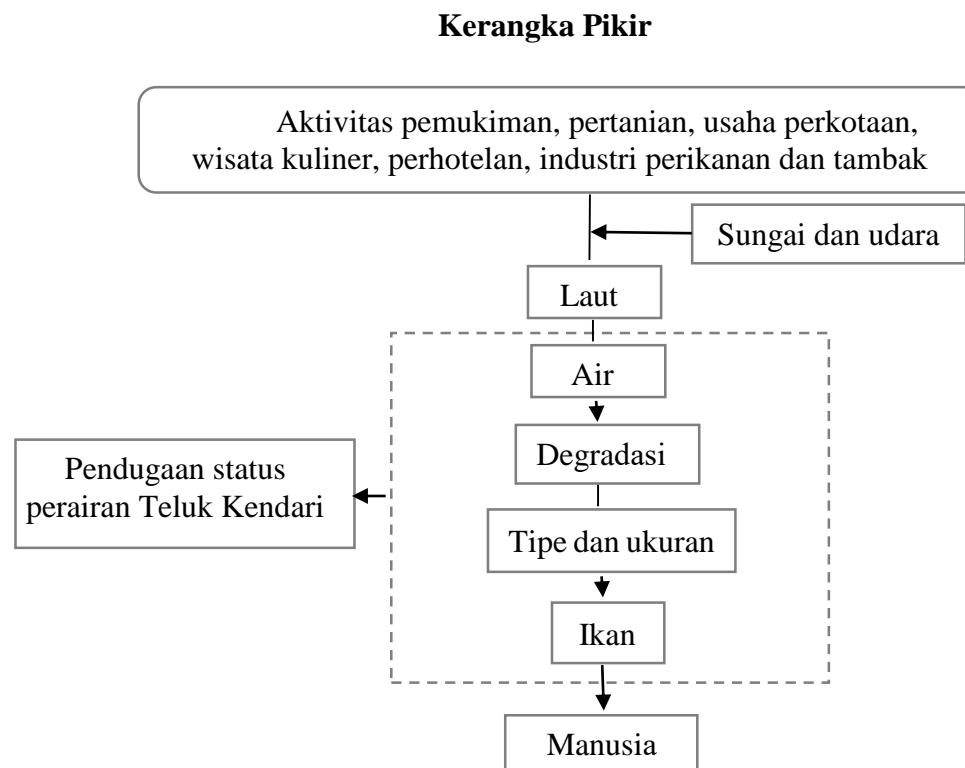
1. Mengkaji kelimpahan mikroplastik di kolom perairan dan menduga sumber melalui tipe serta dampak awal terhadap organisme ikan dengan pengukuran ukuran mikroplastik.
2. Mengkaji muatan (*load*) total mikroplastik yang masuk dari darat dan keluar di Teluk Kendari
3. Mengungkap informasi awal mikroplastik pada organisme ikan di perairan Teluk Kendari.

1.4 Manfaat

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat dan informasi awal mengenai kandungan mikroplastik di kolom perairan dan ikan serta sebagai dasar upaya menuju mitigasi lingkungan.

1.5 Kerangka Pikir

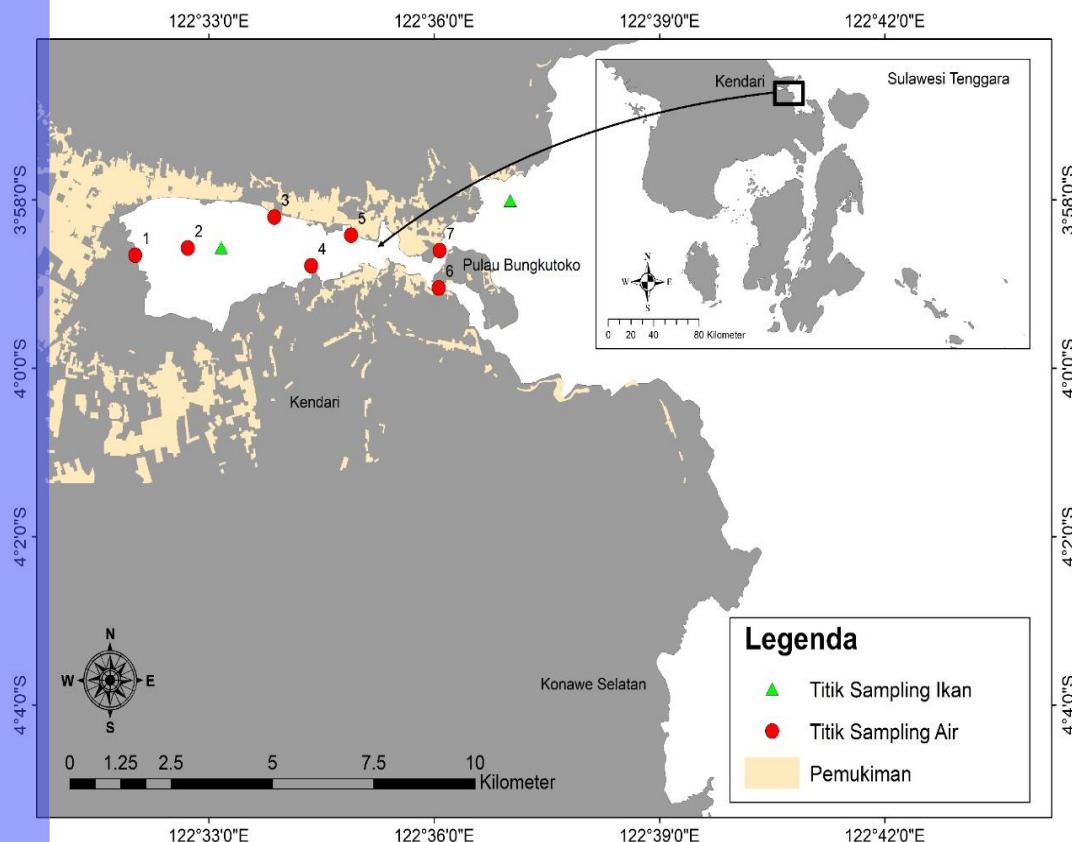
Adapun kerangka pikir penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1 Kerangka pikir penelitian kelimpahan mikroplastik di Perairan Teluk Kendari

2.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada bulan Januari sampai September 2019 yang meliputi pengambilan sampel dan analisis laboratorium. Lokasi penelitian terletak di Teluk Kendari Sulawesi Tenggara dengan letak geografis yaitu $3^{\circ}57'50''$ – $3^{\circ}5'30''$ Lintang Selatan dan $122^{\circ}31'50''$ – $122^{\circ}36'30''$ Bujur Timur dengan luas $\pm 18,75 \text{ km}^2$ dan panjang garis pantai $\pm 35,85 \text{ km}$ (Gambar 2). Adapun batas wilayah Teluk Kendari meliputi sebelah barat berbatasan dengan Kecamatan Sampara dan Kecamatan Ranomeeto (Kabupaten Konawe Selatan) sebelah timur berbatasan dengan Laut Banda sebelah utara berbatasan dengan Kecamatan Soropia dan Kecamatan Sampara (Kabupaten Konawe) dan sebelah selatan berbatasan dengan Kecamatan Moramo dan Kecamatan Konda (Kabupaten Konawe Selatan). Analisis sampel dilakukan di Laboratorium Pencemaran Laut, Pusat Penelitian Oseanografi Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia.



Gambar 2 Peta lokasi penelitian dan pengambilan sampel di Teluk Kendari Sulawesi Tenggara

2.2 Alat dan Bahan

Adapun alat yang digunakan yaitu GPS, thermometer batang, refraktometer, meteran, layangan arus, *vandorn water sampler*, botol kaca, *cool box*, gunting, Filter baja stainless yang berdiamater 3 inci dengan mesh (ukuran 5 mm), cawan petri, tabung reaksi, gelas ukur, oven, penangas air (*Water Bath*), *vacuum pump* dan mikroskop stereo Leica M205C. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sampel air, ikan, kertas label, Whatman 0,45 µm Ø 47 mm, kertas parafilm, akuades dan H₂O₂.

2.3 Pengambilan Data

2.3.1 Observasi Lapangan dan Penentuan Stasiun

Observasi lapangan dilakukan untuk mendapatkan gambaran kondisi umum daerah penelitian. Titik stasiun pengamatan ditentukan menggunakan metode *purposive sampling* yaitu penentuan stasiun berdasarkan lokasi atau daerah dengan asumsi keterwakilan daerah Teluk Kendari, yang memiliki berbagai aktivitas yang diduga memberikan potensi mikroplastik dengan menggunakan *Global Positioning System* (GPS). Lokasi pengambilan sampel air terdiri dari 7 titik stasiun pengamatan yaitu muara Sungai Wanggu (St1), daerah bagian Tengah Teluk (St2), Pemukiman (St3), Pelabuhan Perikanan Samudera (St4), Pelabuhan Transportasi (St5), pesisir Pulau Bungkutokoh (St6) dan pesisir pantai Mayaria (St7), sedangkan pengambilan sampel ikan terdiri dari 2 lokasi yaitu dalam teluk dan luar teluk. Peta lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 2.

2.3.2 Pengambilan Data dan Sampel

Pengambilan data dan sampel dilakukan pada beberapa lokasi dengan mengambil data parameter fisik dan kualitas air, sampel air serta ikan. Pengambilan data kualitas air yaitu suhu menggunakan termometer batang dan salinitas menggunakan refraktometer saat kondisi menuju surut.

Data parameter fisik yaitu arus, debit dan pasang surut. Pengukuran debit menggunakan metode *Area-Velocity* dan pengukuran pasang surut menggunakan data ramalan pasang surut dari data prediksi pasut Badan Informasi Geospasial (BIG) bulan Januari 2019 di area lokasi penelitian pada posisi gari lintang -3.9717 dan garis bujur 122.6082, serta pengambilan data arus diukur menggunakan layangan arus (*drift floating*) yang dilengkapi dengan tali. Di samping itu, perkiraan arus sesaat dilakukan pada kondisi surut. Kecepatan arus diduga dengan membuat sampul tali 30 sepanjang 3 meter dan diikatkan pada layang-layang arus, yang kemudian dilepaskan ke perairan sampai tali lurus dihitung menggunakan stopwatch. Adapun perhitungan arus sebagai berikut:

$$v = \frac{s}{t}$$

dimana v = kecepatan arus (m/s)

s = Panjang tali (m)

t = waktu yang ditempuh sampai tali menegang (s)



Pengambilan sampel air di kolom perairan dilakukan pada saat kondisi menuju surut yang dibedakan berdasarkan lapisan kedalaman (0 sampai 2 meter dan 5 sampai 10 meter) menggunakan *vandorn horizontal water sampler* pada masing-masing titik pengamatan. Sampel air diambil, disaring, kemudian dimasukkan ke dalam botol kaca sebanyak 250 ml (Masura *et al.* 2015). Selanjutnya, sampel disimpan di dalam *coolbox* selama perjalanan ke laboratorium.

Sampel ikan konsumsi diambil sebanyak 18 ekor di dua titik (dalam teluk dan di luar teluk) dan didapat dari nelayan tangkap (Rochman *et al.* 2015). Untuk penyimpanan sampel ikan dilakukan dengan pembekuan sederhana. Selanjutnya, sampel ikan konsumsi yang terkumpul diidentifikasi menggunakan buku *Reef Fish Identification: Tropical Pacific* (Allen *et al.* 2003) dan website *fishbase* (<http://www.fishbase.org>), serta disimpan pada *cool box* selama perjalanan ke laboratorium.

2.4 Analisis Laboratorium

2.4.1 Analisis Mikroplastik dalam Air

Sampel air di analisis sesuai proses ekstraksi seperti yang telah dilakukan oleh beberapa peneliti (Nor *et al.* 2014; Cordova *et al.* 2018; Dyachenko *et al.* 2016). Sampel air disaring menggunakan kertas saring Whatman 0,45 μm Ø 47 mm. Selanjutnya sampel dimasukkan ke tabung reaksi dan ditambahkan H_2O_2 30% sebanyak 3 sampai 5 ml untuk memisahkan bahan organik pada sampel. Kemudian didiamkan diruang asam selama 8 sampai 24 jam. Sampel dipanaskan pada *water bath* dengan suhu 80 °C selama 24 jam (sampai sampel terlihat bening), kemudian didiamkan hingga dingin dan disaring menggunakan *vacuum pump* dan kertas saring Whatman 0,45 μm Ø 47 mm. Selanjutnya sampel dalam kertas saring disimpan pada suhu 4±2 °C, kertas saring disimpan dalam cawan petri dan ditutupi dengan parafilm. Sampel pada kertas saring diamati menggunakan mikroskop stereo Leica M205C. Identifikasi mikroplastik menggunakan beberapa karakteristik, yaitu ukuran partikel ≤5 mm, memiliki warna yang homogen, tidak memiliki bentuk seperti jaringan selular dan tidak bercabang atau bersegmen. Mikroplastik diidentifikasi, dihitung dan diukur. Selanjutnya, mikroplastik diklasifikasikan berdasarkan tipe, fiber atau film, kemudian dikelompokan berdasarkan ukuran 100 sampai 5000 μm (Lampiran 4).

2.4.2 Analisis Isi Perut Ikan Konsumsi

Pengambilan sampel biologis merupakan pemeriksaan sejumlah mikroplastik yang dapat tercerna oleh biota perairan (Cole *et al.* 2011), sehingga penelitian ini dilakukan pada sistem pencernaan dari sampel tersebut. Sampel ikan di analisis sesuai proses ekstraksi berdasarkan dari beberapa peneliti (Rochman *et al.* 2015; Jantz *et al.* 2013; Cole *et al.* 2013, Nor *et al.* 2014). Sampel ikan dibedah menggunakan gunting, kemudian diambil bagian saluran pencernaan. Selanjutnya sampel tersebut diletakkan ke dalam gelas ukur dan ditambahkan larutan H_2O_2 30% sebanyak 3 sampai 5 ml hingga terendam. Hal ini untuk memisahkan sampel dari bahan organik. Kemudian sampel didiamkan selama 8 sampai 24 jam di ruang asam, lalu dipanaskan menggunakan *water bath* pada suhu 80 °C selama 24 jam dan didiamkan hingga dingin, kemudian disaring menggunakan *vacuum pump* dan

kertas saring Whatman 0,45 μm \varnothing 47 mm. Selanjutnya, kertas saring disimpan dalam cawan petri dan ditutup menggunakan parafilm untuk mencegah kontaminasi udara. Kemudian sampel diamati menggunakan mikroskop stereo Leica M205C. Identifikasi mikroplastik juga menggunakan beberapa karakteristik seperti yang dilakukan pada sampel air. Mikroplastik yang diidentifikasi dihitung dan diukur. Selanjutnya, mikroplastik diklasifikasikan sebagai fiber, kemudian dikelompokan berdasarkan ukuran 100 sampai 5000 μm (Lampiran 3).

Tabel 1 Pembagian tipe dan ukuran mikroplastik

Karakteristik	Klasifikasi	Keterangan
Tipe (Bosker <i>et al.</i> 2018; Zhu <i>et al.</i> 2018)	Fiber	Sumber sekunder dengan bentuk memanjang yang berasal dari fragmentasi monofilament jaring, tali dan kain sintetis
	Film	Sumber sekunder dari hasil potongan plastik dengan sifat polimer yang lemah
Ukuran (Nor <i>et al.</i> 2014)	Kelompok 1	20-40 μm
	Kelompok 2	40-60 μm
	Kelompok 3	60-80 μm
	Kelompok 4	80-100 μm
	Kelompok 5	100-500 μm
	Kelompok 6	500-1000 μm
	Kelompok 7	1000-5000 μm

2.5 Analisis data

Data dianalisis secara deskriptif untuk menganalisis kelimpahan mikroplastik yang ditemukan di kolom perairan. Untuk perhitungan muatan (*load*) total mikroplastik di muara sungai dan mulut teluk dianalisis menggunakan persamaan menurut Donald *et al.* (2013). Konsentrasi total partikel mikroplastik yang digunakan yaitu total partikel mikroplastik di sungai dan mulut teluk pada kondisi menuju surut.

$$L = P \cdot Q$$

Dengan perhitungan debit adalah sebagai berikut:

$$Q = v \cdot A$$

dimana L = Jumlah load/beban total partikel mikroplastik (partikel/s)

P = Konsentrasi total partikel mikroplastik (partikel m^{-3})

Q = Debit (m^3/s)

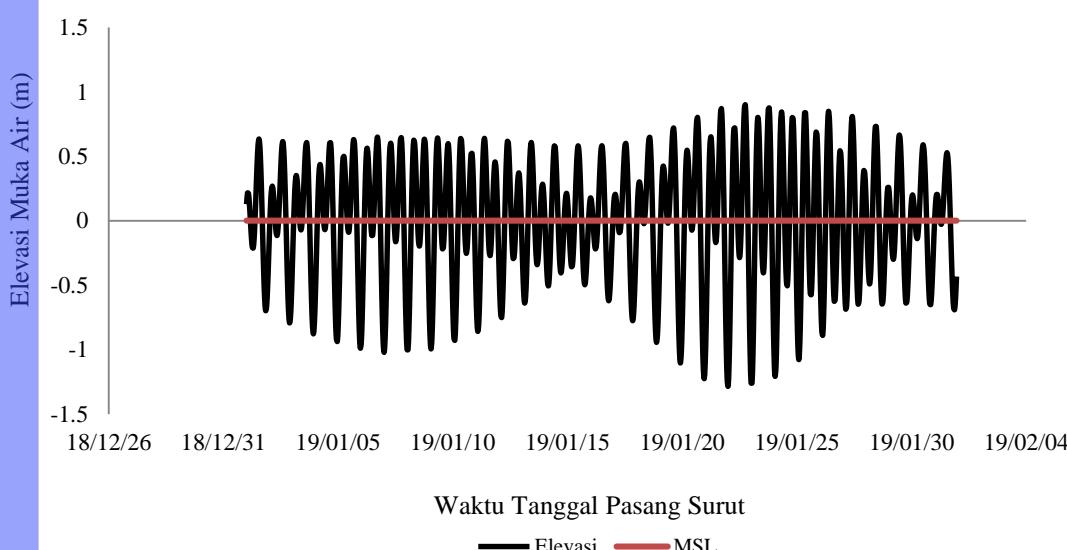
v = Kecepatan arus (m/s)

A = Luas penampang (m^2)

3.1 Karakteristik Lingkungan Teluk Kendari

3.1.1 Kondisi Oseanografi dan Kualitas Air

Gambar 3 menunjukkan hasil reanalisis data pasang surut pada saat pengambilan sampel yaitu pada tanggal 26 Januari 2019 pukul 12.00, 13.46, 14.21 dan 14.56 WITA terjadi pada saat menuju surut dengan ketinggian berturut-turut 0,199, -0,168, -0,466 dan -0,624 meter, sedangkan pengambilan sampel pada tanggal 27 Januari pukul 12.15, 14.48 dan 15.12 WITA, saat menuju surut dengan ketinggian berturut-turut 0,435, -0,248 dan -0,514 meter (Lampiran 2). Tipe pasang surut dilokasi penelitian merupakan tipe campuran harian ganda yaitu terjadi dua kali pasang dan dua kali surut dalam satu hari, terkadang terjadi satu kali pasang dan satu kali surut dengan tinggi dan waktu yang berbeda-beda, hal ini sesuai dari hasil penelitian yang dilakukan Ondara *et al.* (2017).



Gambar 3 Data reanalisis prediksi pasang surut di area lokasi penelitian pada bulan Januari 2019 diperoleh dari prediksi pasut Badan Informasi Geospasial (BIG), 2019

Debit (Tabel 2) diukur pada kondisi menuju surut untuk melihat mikroplastik yang masuk dari darat dan keluar dari teluk yang disebabkan oleh aliran pasang dan surut. Debit tertinggi berada pada lokasi mulut teluk dan terendah ditemukan di lokasi muara Sungai Wanggu yang terjadi pada kondisi menuju surut. Hal ini, diduga karena pengaruh masukan arus pada kondisi menuju surut dari darat bergerak ke arah muara teluk atau laut lebih tinggi dan perbedaan luasan penampang pada lokasi penelitian (Lampiran 3). Kondisi oseanografi berupa pasang surut dapat mempengaruhi total partikel mikroplastik di muara sungai dan teluk. Pasang surut membawa partikel dari laut ke daratan ketika terjadi pasang sehingga partikel yang terbawa dari laut saat pasang tersebar dan mengendap menuju darat, sedangkan ketika kondisi surut partikel mikroplastik terendap di area

muara sungai dan wilayah pesisir (Zhang 2017). Hal ini mengindikasikan bahwa pasang surut dapat memberi pengaruh terhadap muatan total dan sebaran partikel mikroplastik di muara sungai dan teluk. Adanya aktivitas pasang surut dapat menambah dan mengurangi kelimpahan mikroplastik di perairan.

Tabel 2 Data debit Muara Sungai Wanggu dan Mulut Teluk

Lokasi	Debit ($\text{m}^3 \text{s}^{-1}$)
	Surut
Muara Sungai Wanggu	70.75
Mulut Teluk (St6)	928.22
Mulut Teluk (St7)	706.23

Tabel 3 menunjukkan suhu air yang diukur pada beberapa lokasi penelitian sama yaitu 30°C . Hal ini disebabkan karena masih berada di perairan yang sama dan mendapat intensitas matahari yang sama. Salinitas yang diperoleh di beberapa lokasi penelitian memiliki perbedaan yaitu berkisar 27 sampai 35 (PSU). Hal ini diduga pada lokasi Muara Sungai Wanggu terdapat pengaruh air tawar dimana salinitas air tawar lebih rendah dibandingkan di laut. Rendahnya salinitas dimuara Sungai Wanggu diduga karena pengambilan data salinitas dilakukan pada kondisi menuju surut sehingga pengaruh sungai lebih tinggi, sedangkan perbedaan salintas di lokasi bagian laut (St1, St2, St3, St4, St5, St6 dan St7) dapat mempengaruhi waktu tinggal partikel mikroplastik di perairan.

Tabel 3 Data suhu dan salinitas pada beberapa lokasi penelitian

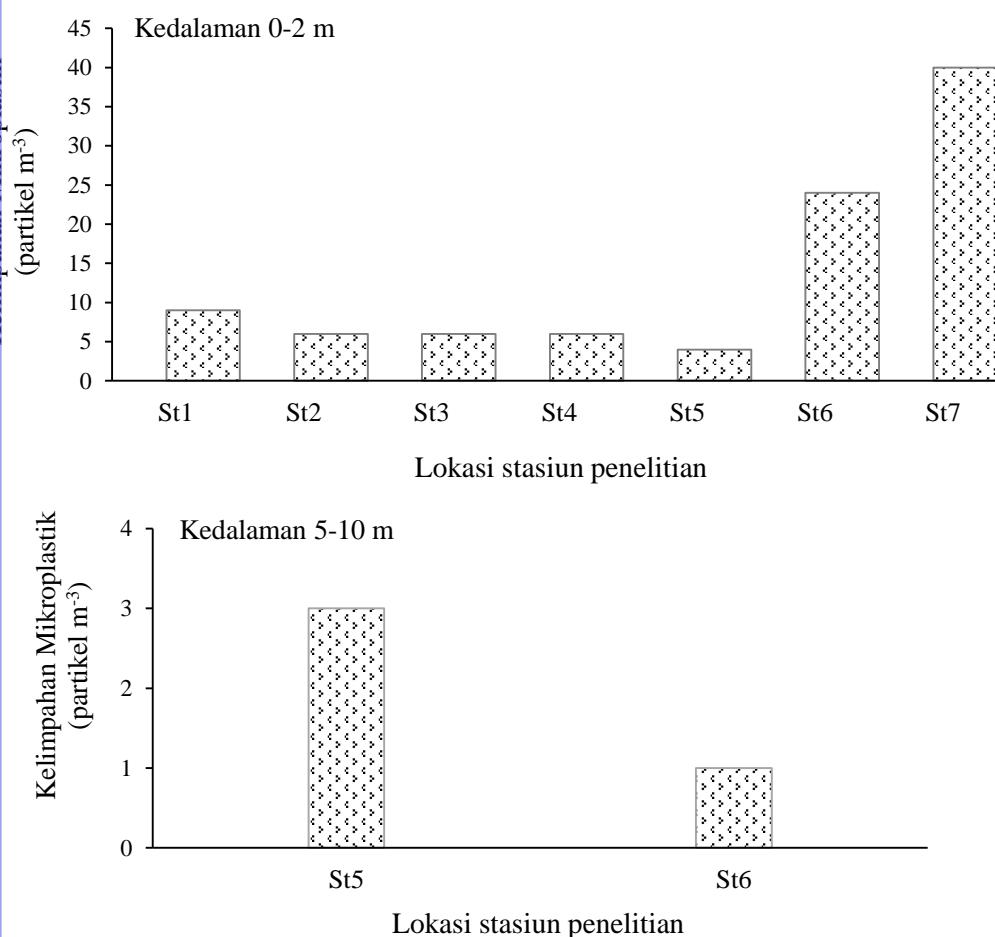
Stasiun	Lokasi	Suhu ($^\circ\text{C}$)	Salinitas (PSU)
1	Muara Sungai Wanggu	30	27
2	Tengah Teluk	30	31
3	Pemukiman	30	31
4	PPS	30	31
5	Pelabuhan Transportasi	30	33
6	Pesisir Pulau Bungkutoko	30	32
7	Pesisir Pantai Mayaria	30	35

3.2 Konsentrasi Mikroplastik di Perairan

3.2.1 Kelimpahan Mikroplastik di Perairan

Kelimpahan mikroplastik di berbagai lokasi pengamatan secara umum bervariasi, berkisar 1 sampai 40 partikel m^{-3} . Kelimpahan secara spasial dari St1 ke St7 (Gambar 4) cenderung meningkat. Kelimpahan tertinggi ditemukan pada St7 yang posisinya berada di pesisir pantai Mayaria bagian timur Teluk. Selanjutnya kelimpahan menurun dari darat ke arah mulut Teluk (St1, St2, St3, St4 dan St5) dan meningkat pada St6 yang mengindikasikan sumber mikroplastik yang berasal dari lingkungan daratan. Kemudian mikroplastik terbawa ke arah mulut Teluk yang dipengaruhi oleh faktor oseanografi berupa pasang surut dan adanya arus dari darat

bergerak menuju mulut Teluk atau laut. Hal ini, sesuai dengan Ondara *et al.* (2017) bahwa kondisi arus lebih kuat pada saat surut di perairan Teluk Kendari menuju barat ke timur atau dari darat ke arah laut. Selain itu, tingginya kelimpahan mikroplastik di St6 dan St7 disebabkan pada saat pengambilan sampel di lokasi penelitian dalam kondisi surut. Kondisi tersebut menunjukkan elevasi muka air cenderung mendekati surut terendah yang menyebabkan terjadinya *slack water* dan kondisi air diam atau tidak bergerak sehingga di lokasi tersebut terjadi akumulasi. Kelimpahan mikroplastik di St1, St2, St3, St4 dan St5 cenderung menurun karena pada saat surut elevasi muka air mendekati atas dan tengah yang menyebabkan terjadinya arus kuat (Lampiran 2).



Gambar 4 Kelimpahan mikroplastik (partikel m^{-3}) di berbagai lapisan kedalaman di lokasi pengamatan

Secara vertikal, kelimpahan mikroplastik memiliki perbedaan pada 2 stasiun penelitian. Kelimpahan tertinggi di kedalaman pertengahan (St5) yaitu berkisar 3 partikel m^{-3} dan terendah berada pada St6, berkisar 1 partikel m^{-3} . Perbedaan kelimpahan vertikal mikroplastik berkaitan dengan proses pengendapan dan pergerakan air berupa pasang surut di teluk seperti pengadukan yang dapat meresuspensi endapan mikroplastik dari sedimen ke kolom perairan. Sebagai contoh jika terjadi pengendapan maka kelimpahan mikroplastik tertinggi terbentuk pada wilayah kolom perairan. Namun jika terjadi pengadukan, maka kelimpahan

rendah dapat terjadi di kolom perairan. Pengaruh oseanografi berupa pasang surut (Ballent *et al.* 2012), kecepatan alir, kedalaman, topografi dan variabilitas musiman arus air (Zhang 2017) berperan dalam penempatan posisi partikel di perairan.

Penelitian mikroplastik juga telah dilakukan di berbagai lokasi seperti di perairan Teluk Guanabara Brazil menunjukkan kelimpahan mikroplastik berkisar $21,3 \text{ partikel m}^{-3}$ (Olivatto *et al.* 2019), perairan Laut Bohai Cina berkisar $0,34 \text{ partikel m}^{-3}$ (Zhang *et al.* 2017), di Teluk Chabahar Oman kelimpahan mikroplastik yang ditemukan berkisar $0,49 \pm 0,43 \text{ partikel m}^{-3}$ (Aliabad *et al.* 2019) dan di perairan Teluk Benoa Provinsi Bali kelimpahan mikroplastik berkisar $0,58 \text{ partikel m}^{-3}$ (Nugroho *et al.* 2018). Hasil yang berbeda ditemukan oleh Zhu *et al.* (2018) di perairan Laut Kuning Cina Utara, yaitu kelimpahan mikroplastik berkisar 282 partikel, selanjutnya hasil Manalu (2017) menunjukkan kelimpahan mikroplastik ditemukan pada salah satu wilayah polutan seperti perairan Teluk Jakarta yang aktif dengan kegiatan industri, pemukiman, pertanian, perikanan dan usaha perkotaan ditemukan kelimpahan mikroplastik berkisar 2881 sampai 7471 partikel m^{-3} , dan perairan Pulau Bintan yang ditemukan kelimpahan berkisar $122,8 \text{ partikel m}^{-3}$ (Syakti *et al.* 2018). Kelimpahan mikroplastik di Laut Kuning Cina Utara, Teluk Jakarta dan Pulau Bintan relatif lebih tinggi dibandingkan dengan Teluk Guanabara Brazil, Laut Bohai Cina, Teluk Chabahar Oman dan Teluk Benoa Provinsi Bali, tetapi Teluk Guanabara Brazil, Laut Bohai Cina, Teluk Chabahar Oman dan Teluk Benoa Provinsi Bali jauh lebih rendah dibandingkan dengan hasil penelitian.

Kelimpahan mikroplastik di Teluk Kendari dapat dikelompokkan relatif sedang, jika dibandingkan dengan lokasi penelitian lainnya. Mikroplastik di perairan bersumber dari darat dengan kelimpahan yang rendah melalui *run-off* dari darat. Selain itu, kelimpahan mikroplastik diduga berasal dari pengaruh padatnya pemukiman dan aktivitas manusia yang banyak memanfaatkan plastik dan membuang limbah plastik ke lingkungan tidak terkontrol. Menurut Cincinelli *et al* (2017) kepadatan mikroplastik berkorelasi kuat dengan jumlah manusia di suatu wilayah.

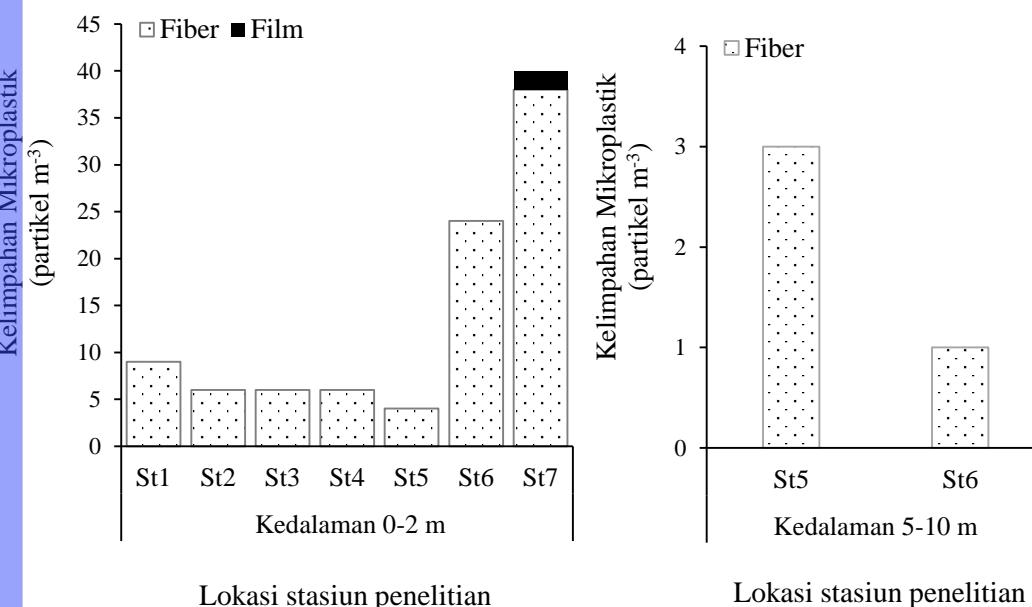
3.2.2 Tipe Mikroplastik di Perairan

Berdasarkan hasil penelitian menemukan bahwa terdapat dua tipe mikroplastik yang teridentifikasi, yaitu fiber dan film. Pada penelitian ini, mikroplastik tipe fiber mendominasi berkisar 1 sampai 38 partikel m^{-3} , sedangkan film berkisar 2 partikel m^{-3} (Gambar 5).

Secara spasial, kelimpahan mikroplastik berdasarkan tipe menunjukkan perbedaan dibeberapa lokasi. Tipe fiber ditemukan pada seluruh stasiun, di St5 kelimpahan tipe fiber relatif rendah berkisar 4 partikel m^{-3} . Selanjutnya diikuti di St2, ST3, St4 berkisar 6 partikel m^{-3} . Pada St6 dan St7 kelimpahan tipe fiber relatif tinggi berkisar 24 dan 38 partikel m^{-3} , sedangkan tipe film hanya ditemukan pada St7 berkisar 1 sampai 3 partikel m^{-3} . Perbedaan kelimpahan tipe secara spasial diduga dipengaruhi oleh perbedaan karakteristik dari masing-masing lokasi, sehingga menghasilkan sumber mikroplastik yang berbeda. Teluk Kendari memiliki peningkatan aktivitas manusia selama bertahun-tahun dan industri seperti pariwisata, transportasi, penangkapan ikan dan pelayaran berkembang di wilayah pesisir dan kota (Armid *et al.* 2017).

Secara vertikal, kelimpahan mikroplastik berdasarkan tipe fiber berbeda dibeberapa lokasi yang menunjukkan di St5 dan St7 berkisar 1 sampai 3 partikel m^{-3} .

(di kedalaman pertengahan). Perbedaan vertikal kelimpahan tipe mikroplastik fiber di lokasi penelitian diduga karena perbedaan sumber yang berasal dari sumber primer dan sekunder, adanya pengaruh densitas dari tipe mikroplastik, serta karena adanya perubahan mikroplastik yang terjadi di air. Mikroplastik dapat terdegradasi, terfragmentasi dan melepas bahan perekat sehingga partikel akan berubah densitasnya serta terdistribusi di antara permukaan dan dasar perairan. Mikroplastik yang berada di air akan mengapung bergantung pada densitas dari tipe mikroplastik. Kemampuan mikroplastik mengapung menentukan posisi mikroplastik di air (Wright *et al.* 2013). Tipe mikroplastik yang lebih padat dari air laut akan mengendap sedangkan yang densitasnya redah akan mengapung (Zheng *et al.* 2019).



Gambar 5 Kelimpahan mikroplastik (partikel m⁻³) di kolom perairan berdasarkan tipe di berbagai lokasi pengamatan

Penelitian sebelumnya telah dilakukan di beberapa lokasi seperti di perairan Teluk Tampa Florida ditemukan bahwa tipe fiber merupakan tipe dominan dengan kelimpahan dominan ditemukan tipe fiber berkisar 75% (McEachern *et al.* 2019). Teluk Chabahar Oman memiliki tipe dominan fiber dengan kelimpahan berkisar 32,7 % (Aliabad *et al.* 2019). Hasil yang berbeda ditemukan oleh Syakti *et al.* (2018) yang menunjukkan bahwa tipe mikroplastik dominan ditemukan di perairan Pulau Bintan yaitu fragmen sebesar 50,9%, selanjutnya perairan Teluk Jakarta dengan tipe dominan fragmen berkisar 3559 sampai 7443 partikel m⁻³ (Manalu, 2017) dan perairan Teluk Benoa Provinsi Bali memiliki tipe dominan fragmen berkisar 0,26 partikel m⁻³ (Nugroho *et al.* 2018).

Hasil penelitian menunjukkan kelimpahan tipe mikroplastik yang dominan ditemukan adalah tipe fiber. Hal ini, berbeda dengan penelitian yang ditemukan oleh Syakti *et al.* 2018; Manalu 2017; Nugroho *et al.* 2018 yang memiliki tipe dominan berupa fragmen. Dominan mikroplastik tipe fiber yang ditemukan di lokasi penelitian diduga berasal dari kegiatan perikanan dan bersumber dari *microfiber* serta limbah domestik dari pakaian yang dicuci. Menurut

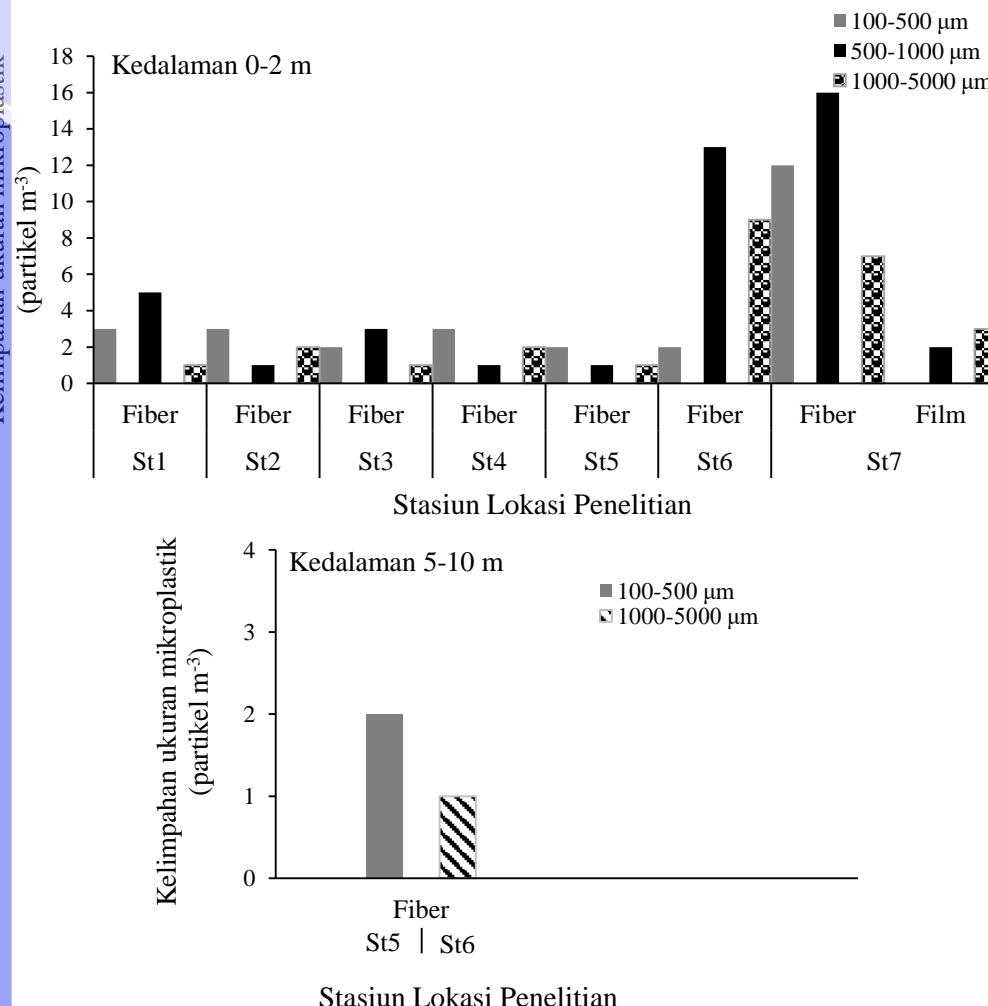
Zhu *et al.* (2018), kegiatan perikanan dapat memberikan kontribusi mikroplastik fiber yang berasal dari jaring dan tali pancing yang merupakan alat pancing utama. Selain itu, tipe fiber berbentuk mikro seperti *microfiber* berasal dari limbah domestik berupa pakaian yang dicuci. Menurut Brownen *et al.* (2011), satu pakaian yang dicuci dapat menghasilkan >1900 fiber per sekali cuci. Secara spasial rendahnya tipe film yang ditemukan di lokasi penelitian dan hanya ditemukan pada St7 diduga sumber yang dihasilkan dari tipe film sedikit dan mudah tereduksi karena tipe film merupakan plastik yang cenderung trasnparan dan memiliki densitas yang rendah.

Tipe fiber adalah salah satu mikroplastik dari sumber primer dan sekunder yang sering dikaitkan dengan daerah yang memiliki kepadatan penduduk yang tinggi dan aktivitas seperti transportasi, pariwisata dan perikanan (Mu *et al.* 2019). Fiber terdiri dari *polypropylene*, *polyethylene*, *polystyrene*, *polyester*, dan *polyvinyl chloride* (Cole *et al.* 2011). Fiber dapat bersumber dari *microfiber*, alat pemancing, tali, jaring ikan dan lainnya, yang merupakan pecahan mikroplastik akibat proses fisik dan kimia ataupun bantuan panas dan cahaya (Cole *et al.* 2011). Film adalah salah satu tipe mikroplastik yang berasal dari kantong plastik dan kemasan makanan lainnya yang cenderung transparan yang telah mengalami degradasi (Lassen *et al.* 2015).

3.2.3 Ukuran Mikroplastik di Perairan

Hasil pengamatan ukuran mikroplastik tersebar dalam 3 kelompok ukuran, yaitu 100 sampai 500 μm , 500 sampai 1000 μm , dan 1000 sampai 5000 μm . Kelimpahan ukuran mikroplastik (Gambar 6) menunjukkan variasi. Secara umum, kelimpahan mikroplastik berdasarkan ukuran pada tipe fiber ditemukan pada ukuran 100 sampai 5000 μm dan tipe film ditemukan pada ukuran 500 sampai 5000 μm . Kelimpahan tipe fiber tertinggi ditemukan pada kelompok ukuran 100 sampai 5000 μm , berkisar 16 partikel m^{-3} berada di St7 dan terendah ditemukan pada 2 kelompok ukuran 500 sampai 1000 dan 1000 sampai 5000 μm , berkisar 1 partikel m^{-3} di lokasi (St1, St2, St3, St4 dan St5), sedangkan tipe film tersebar dalam kelompok ukuran 500 sampai 5000 μm berkisar 2 sampai 3 partikel m^{-3} berada pada lokasi (St7).

Secara vertikal, kelimpahan mikroplastik berdasarkan ukuran di beberapa lokasi penelitian juga menunjukkan variasi ukuran. Kelimpahan ukuran tipe fiber tertinggi ditemukan pada kelompok ukuran 100 sampai 500 μm yang berada di lokasi (St5), sedangkan kelimpahan ukuran yang terendah ditemukan pada ukuran 1000 sampai 5000 μm di lokasi St6. Variasi ukuran mikroplastik, baik secara spasial maupun vertikal di lokasi penelitian diduga dipengaruhi oleh faktor lingkungan. Menurut Claessens *et al.* (2013), penyebab fragmentasi plastik yang berukuran makro menjadi mikro disebabkan oleh adanya radiasi sinar ultraviolet, gaya mekanik dari gelombang air laut, bahan yang bersifat oksidatif dan sifat hidrolitik dari air laut.



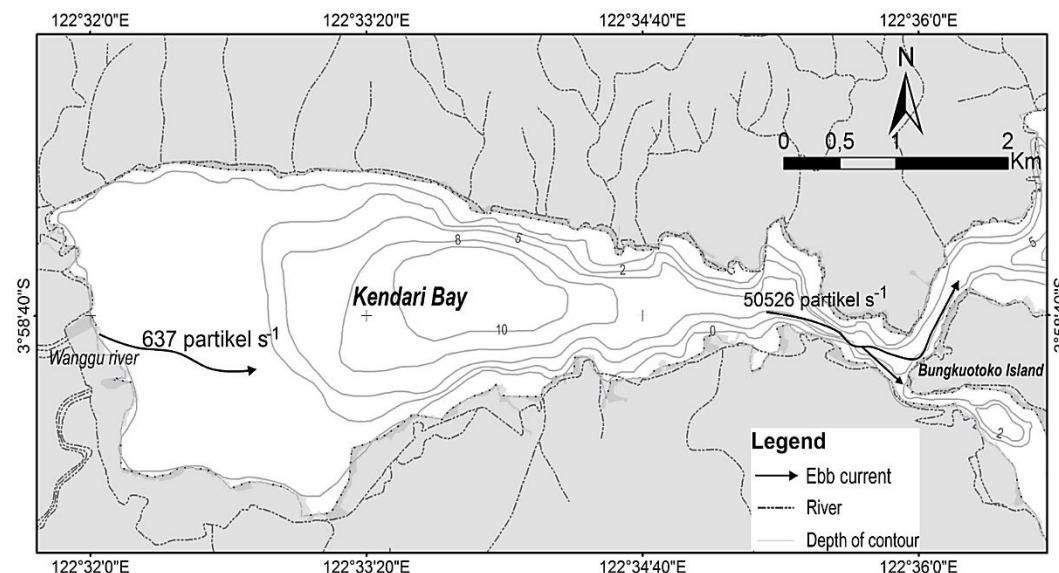
Gambar 6 Kelimpahan mikroplastik berdasarkan kelompok ukuran (μm) di lokasi pengamatan

3.3 Muatan (*Load*) Total Mikroplastik

Pengukuran *load* total mikroplastik di perairan digunakan untuk menduga masuk dan keluarnya mikroplastik di sungai dan mulut teluk. Faktor oseanografi berupa pasang surut dan arus dapat memberikan dampak pada *load* total mikroplastik.

Berdasarkan hasil penelitian, *load* total mikroplastik yang ditemukan di lokasi penelitian memiliki perbedaan. *Load* total mikroplastik tertinggi berada di lokasi mulut teluk berkisar 50526 partikel s^{-1} atau berkisar 4.4 miliar partikel hari $^{-1}$ dan terendah ditemukan pada lokasi Muara Sungai Wanggu yaitu berkisar 637 partikel s^{-1} atau berkisar 55 juta partikel hari $^{-1}$ (Gambar 7). *Load* total partikel mikroplastik pada mulut teluk lebih tinggi dibandingkan dengan di Muara Sungai Wanggu, diduga karena akumulasi yang masuk dari sungai-sungai dan adanya arus dari darat menuju ke arah muara teluk atau laut pada kondisi surut dengan kecepatan arus tinggi, lebar mulut teluk luas serta debit di mulut teluk tinggi (Lampiran 3). Menurut Zhang (2017) bahwa arus pasang surut dapat mempengaruhi waktu tinggal dan transportasi mikroplastik. Tingginya *load* total mikroplastik di lokasi penelitian disebabkan oleh perbedaan jumlah partikel yang terbawa dan tersimpan per satuan

waktu serta aliran debit yang ditemukan pada lokasi tersebut. Kandungan partikel anorganik dan organik yang tinggi dalam debit berinteraksi dengan muatan partikel sehingga mempengaruhi agregasi dan pengendapan (Besseling *et al.* 2016). Tingginya *load* total mikroplastik yang keluar dapat memberikan kontribusi sebaran mikroplastik yang mengarah pada pencemaran Laut Banda dan masalah besar terhadap ekosistem di Laut Banda.



Gambar 7 Muatan total partikel mikroplastik pada kondisi surut di Muara Sungai Wanggu dan mulut teluk

3.4 Konsentrasi Mikroplastik pada Ikan

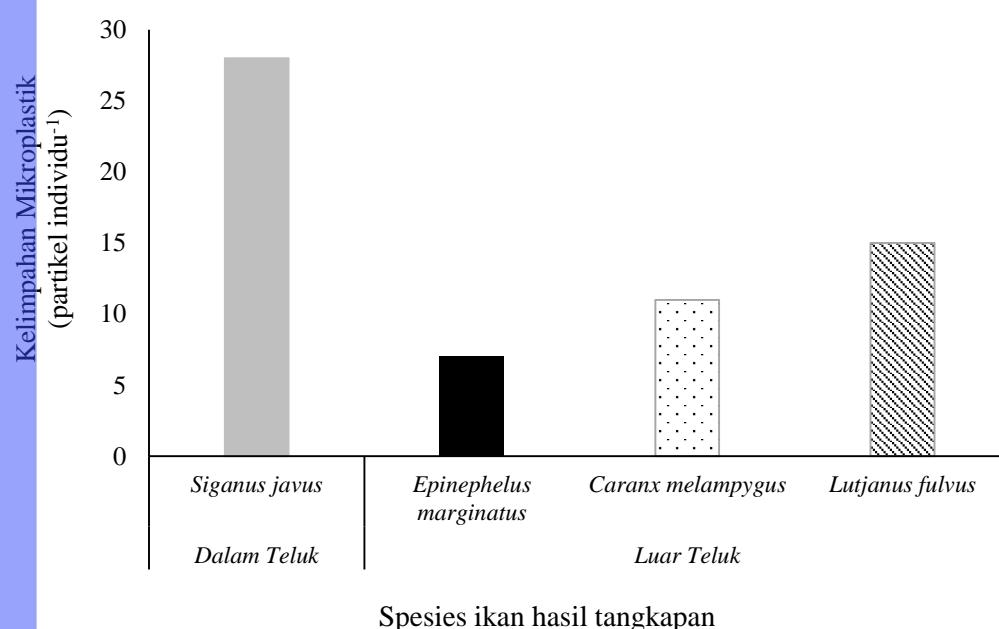
3.4.1 Kelimpahan Mikroplastik pada Ikan

Penyebaran mikroplastik di kolom air yang luas dengan nilai kelimpahan yang tinggi (Lusher *et al.* 2013) dan ukuran (Fossi *et al.* 2012) meningkatkan potensi mikroplastik terkonsumsi oleh berbagai organisme perairan. Pada penelitian ini, nilai kelimpahan mikroplastik di kolom perairan relatif sedang dibandingkan pada penelitian lainnya. Kondisi ini dapat mempengaruhi organisme yang hidup di sekitar lokasi penelitian seperti ikan-ikan pelagis di kolom perairan, dan ikan-ikan bentik di dasar perairan yang sulit membedakan antara plastik dengan makanan alami.

Partikel mikroplastik yang terakumulasi dalam jumlah yang besar dalam tubuh ikan dapat menyumbat saluran pencernaan (Browne *et al.* 2013), mengganggu proses-proses pencernaan ataupun penyerapan sari makanan (Wright *et al.* 2013). Selain itu, mikroplastik dikhawatirkan dapat menfasilitasi transportasi kontaminan kimia (Hirai *et al.* 2011). Selanjutnya Birk *et al.* (2016) juga melaporkan benda asing non makanan yang masuk ke saluran pencernaan bisa melukai dinding saluran pencernaan.

Kelimpahan mikroplastik dalam saluran pencernaan ikan pada masing-masing spesies yang ditemukan di lokasi penelitian ditunjukkan di Gambar 8. Kelimpahan total mikroplastik yang ditemukan dalam saluran pencernaan ikan berkisar antara 7 sampai 28 partikel individu⁻¹. Hasil kelimpahan mikroplastik yang

diperoleh pada masing-masing spesies ikan memiliki perbedaan pada 2 lokasi, kelimpahan tertinggi ditemukan pada spesies *Siganus javus* berkisar 28 partikel individu⁻¹ yang posisinya berada di lokasi dalam teluk yang memiliki banyak aktivitas pemukiman dan lainnya, sedangkan kelimpahan terendah yaitu ditemukan pada spesies *Epinephelus marginatus* berkisar 7 partikel individu⁻¹, selanjutnya spesies *Caranx melampygus*, dan *Lutjanus fulvus* berkisar 11 dan 15 partikel individu⁻¹, yang berada di lokasi luar teluk yang jauh dari aktivitas penduduk. Tinggi dan rendahnya kelimpahan mikroplastik dalam pencernaan spesies ikan diduga berkaitan dengan karakteristik lokasi. Ikan yang tertangkap dari perairan dekat dengan penduduk menelan mikroplastik lebih banyak dibandingkan dengan spesies ikan yang tertangkap di daerah yang jauh dari pemukiman penduduk (Brate *et al.* 2016). Kemudian tingginya kelimpahan mikroplastik pada spesies ikan *Siganus javus* di lokasi dalam teluk diduga karena spesies tersebut bersifat herbivora, habitatnya berada di daerah muara sungai dan di ekosistem mangrove serta sebagai spesies demersal. Rendahnya kelimpahan mikroplastik pada spesies ikan di lokasi luar teluk dipengaruhi oleh habitat hidup spesies ikan tersebut yang hidup pada ekosistem terumbu karang yang memiliki perairan jernih dan jauh dari pesisir dan muara sungai. Selain itu, keempat spesies ikan yang ditemukan di lokasi penelitian merupakan organisme demersal yang hidup di dasar sedimen dan memiliki jenis makanan yang berbeda. Menurut Nanami *et al.* (2013), *Siganus javus* merupakan spesies ikan herbivora dengan makanan utamanya berupa fitoplankton, sedangkan *Lutjanus fulvus* dan *Epinephelus marginatus* merupakan ikan karnivora dengan makanan utama berupa ikan kecil dan krustasea.



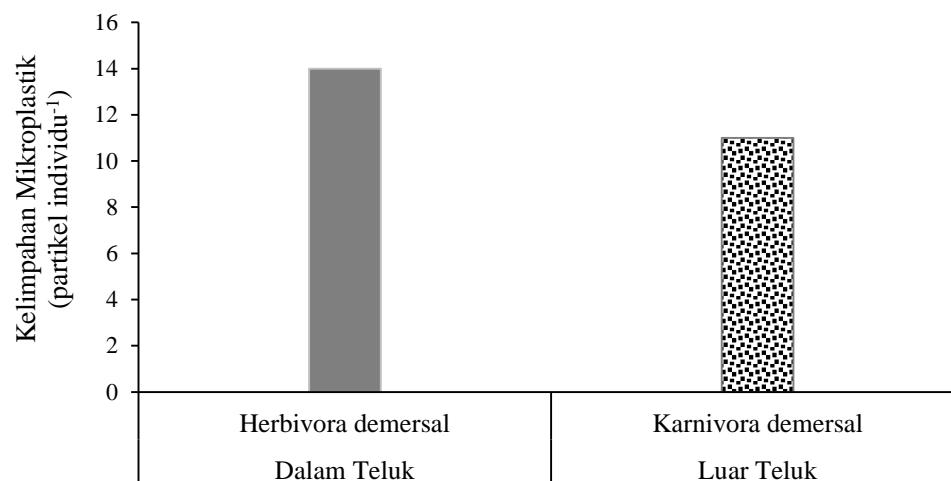
Gambar 8 Kelimpahan mikroplastik dalam ikan hasil tangkapan di lokasi pengamatan (dalam dan luar teluk)

Hasil kelimpahan mikroplastik diperoleh pada masing-masing spesies ikan memiliki perbedaan di lokasi penelitian, diduga pengaruh besaran kelimpahan di sekitar lingkungan hidup organisme, dimana pada penelitian ini kelimpahan

mikroplastik pada 2 lokasi penelitian berbeda, sehingga potensi termakannya oleh organisme perairan akan berbeda.

3.4.2 Tipe Mikroplastik pada Ikan

Penelitian ini mengamati kelimpahan mikroplastik dalam saluran pencernaan ikan herbivora dan ikan karnivora (Gambar 9). Hasil penelitian menunjukkan bahwa tipe yang ditemukan pada masing-masing kelompok ikan adalah tipe fiber. Kelimpahan tipe fiber pada kelompok ikan herbivora dan karnivora tidak jauh berbeda. Kelimpahan tipe mikroplastik yang ditemukan pada kelompok ikan herbivora berkisar 1 sampai 14 partikel individu⁻¹, sedangkan pada kelompok ikan karnivora yaitu berkisar 1 sampai 11 partikel individu⁻¹. Kelimpahan tipe mikroplastik pada 2 kelompok tidak jauh berbeda atau masih relatif sama diduga berkaitan dengan karakteristik lokasi yang menghasilkan sumber mikroplastik. Kelimpahan tipe mikroplastik yang ditemukan pada kolom perairan didominasi dengan tipe yang sama, sehingga kelimpahan tipe yang ditemukan pada 2 kelompok ikan tidak jauh berbeda.



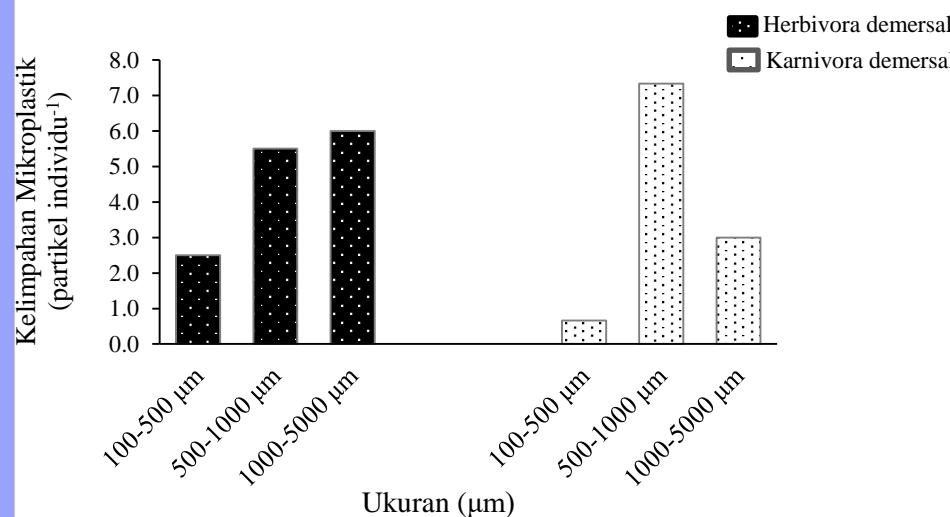
Gambar 9 Kelimpahan mikroplastik berdasarkan tipe pada masing-masing kelompok ikan dengan tipe fiber

Penelitian sebelumnya yang ditemukan oleh Rummel *et al.* (2015) pada ikan yang ditemukan di Teluk Meksiko menunjukkan bahwa fiber lebih tinggi dibandingkan tipe lainnya. Bellas *et al.* (2016) pada ikan demersal, tipe yang paling banyak ditemukan adalah fiber (71%). Kemudian Guven *et al.* (2017) tipe fiber dominan ditemukan dalam saluran pencernaan ikan pelagis dan demersal. Tipe fiber dominan ditemukan pada masing-masing kelompok ikan di lokasi penelitian, diduga pengaruh dari lingkungan hidup ikan tersebut. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian tipe yang dominan ditemukan di kolom perairan pada lokasi penelitian adalah fiber. Menurut Guven *et al.* (2017), habitat lebih berpengaruh dengan jumlah mikroplastik yang tertelan.

3.4.3 Ukuran Mikroplastik pada Ikan

Fraksi ukuran mikroplastik yang kecil menjadi faktor utama kemampuan *bioavailability* dari mikroplastik karena dapat tertelan oleh organisme sampai tingkat trofik terendah (Setala *et al.* 2014). Hasil pengamatan ukuran mikroplastik yang ditemukan dari masing-masing kelompok ikan berkisar 100 sampai 5000 μm (Gambar 10). Kelimpahan berdasarkan ukuran pada kelompok ikan herbivora berkisar 2,5 sampai 6,0 partikel individu $^{-1}$, sedangkan pada kelompok ikan karnivora berkisar 3,0 sampai 7,3 partikel individu $^{-1}$.

Variasi kisaran ukuran mikroplastik yang cukup besar pada ikan herbivora dibandingan dengan karnivora diduga karena kebiasaan makan dari kelompok ikan tersebut. Kebiasaan makan pada kelompok ikan herbivora adalah dengan menghisap secara maksimal sejumlah volume air yang mengandung makanan masuk ke dalam tubuh (Lazzaro 1987). Hal ini, dapat memberikan potensi hadirnya berbagai ukuran mikroplastik yang beragam. Berbeda dengan kelompok karnivora, diduga kelompok ikan ini cenderung lebih teliti dalam mengidentifikasi mangsa ataupun partikel lainnya, sehingga yang dipilih benar-benar mirip dengan mangsa alaminya (Manalu 2017). Berdasarkan hal ini, kisaran ukuran mikroplastik pada kelompok karnivora lebih kecil dibandingan dengan kelompok herbivora. Ukuran mikroplastik yang tertelan memberikan dampak gangguan saluran pencernaan pada ikan. Apabila plastik tidak menghalangi saluran pencernaan ikan, maka kelaparan dan malnutrisi dapat terjadi (Boerger *et al.* 2010).



Gambar 10 Kelimpahan mikroplastik tipe fiber berdasarkan pembagian ukuran pada pencernaan ikan

Penelitian yang telah dilakukan oleh Rummel *et al.* (2016) menunjukkan kisaran ukuran panjang fiber yang diperoleh dalam ikan karnivora demersal yaitu 150 sampai 3000 μm , selanjutnya Bellas *et al.* (2016) memperoleh ukuran mikroplastik di ikan karnivora demersal dengan kisaran ukuran 380-3100 μm . Boerger *et al.* (2010) menemukan ikan planktivora yang mengandung mikroplastik dengan ukuran berkisar 1000 sampai 2790 μm . Penelitian lain juga dilakukan oleh Sieburth *et al.* (1978) diperoleh kisaran ukuran pada fitoplankton dan protozooplankton yaitu 2 sampai 200 μm (nano sampai mikroplankton), sedangkan

metazooplankton berada pada kisaran 0,2 mm. Kemiripan ukuran antara plankton dengan mikroplastik serta kelimpahan dari mikroplastik yang tinggi dalam perairan, diduga mencapai 1:5 dari perbandingan antara kelimpahan mikroplastik dengan plankton menyebabkan ikan sulit untuk membedakan mangsa atau partikel lainnya (Moore *et al.* 2001).

IV SIMPULAN DAN SARAN

4.1 Simpulan

Adapun kesimpulan dari penelitian ini meliputi:

1. Kelimpahan mikroplastik di perairan Teluk Kendari bervariasi yang dipengaruhi oleh faktor oseanografi berupa pasang surut, densitas mikroplastik, dan proses pengendapan serta tipe mikroplastik yang mendominasi adalah fiber dengan variasi ukuran.
2. *Load* total mikroplastik tertinggi pada kondisi surut ditemukan di lokasi Mulut Teluk.
3. Mikroplastik ditemukan dalam pencernaan ikan pada tipe fiber dengan variasi ukuran yang mengindikasikan bahwa organisme ikan di Teluk Kendari sudah tercemar mikroplastik.

4.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian perlu adanya penelitian lanjutan mengenai jenis polimer mikroplastik, pengambilan sampel berdasarkan musim dan menghitung resident time serta kajian lebih khusus mikroplastik pada biota perairan di Teluk Kendari.

DAFTAR PUSTAKA

- Allen GR, Steene R, Humann P, Deloach N. 2003. Reef Fish Identification: Tropical Pacific. New World Publication. Jacksonville, Florida. 483 p.
- Andrade AL. 2011. Microplastics in the marine environment. *Mar. Pollut. Bull.* 62:1596- 1605.
- Akbar J, Bahtiar, Ishak E. 2014. Studi morfometrik kerang kalandue (*Polymesoda erosa*) di hutan mangrove Teluk Kendari. *Jurnal Mina Laut Indonesia*. 04(01):1-12.
- Asriyana, Irawati N, Indrayani. 2018. Trophic ecology of twoblotch ponyfish *Nuchequula blochii* in Kendari Bay, Southeast Sulawesi, Indonesia. *AACL Bioflux*. 11(1):1.
- Armid A, Shinjo R, Sabarwati SH, Ruslan R. 2017. Pollution assessment of various heavy metals in the surface sediment of Kendari Bay, Indonesia. *Nat. Env. & Poll. Tech.* 16(4):1067-1074.



- Aliabad MK, Nassiri M, Kor K. 2019. Microplastics in the surface seawaters of Chabahar Bay, Gulf of Oman (Makran Coasts). *Mar. Pollut. Bull.* 143:125-133.
- Boerger CM, Lattin GL, Moore SL, Moore CJ. 2010. Plastic ingestion by planktivorous fishes in the North Pacific Central Gyre. *Mar. Pollut. Bull.* 60:2275-2278.
- Bhattacharya P, Lin S, Turner JP, Ke PC. 2010. Physical adsorption of charged plastic nanoparticles affects algal photosynthesis. *J. Phys. Chem.*, 114:16556-16561.
- Browne MA, Crump P, Niven SJ, Teuten E, Tonkin A, Galloway T, Thompson R. 2011. Accumulation of microplastic on shorelines worldwide: sources and sinks. *Environ. Sci. Technol.* 45:9175-9179.
- Browne MA, Niven SJ, Galloway TS, Rowland SJ, Thompson RC. 2013. Microplastic moves pollutants and additives to worms, reducing functions linked to health and biodiversity. *Curr. Biol.* 23:2388-2392.
- Ballent A, Purser A, Mades PJ, Pando S, Thomsen L. 2012. Physical transport properties of marine microplastic pollution. *Biogeosciences Discussions*. 9:18755-18798.
- Bellas J, Martinez-Armental J, Martinez-Camara A, Besada V, Martinez-Gomez C. 2016. Ingestion of microplastics by demersal fish from the Spanish Atlantic and Mediterranean coasts. *Mar. Pollut. Bull.* 109(1):55-60.
- Besseling E, Quik JTK, Sun M, Koelmans AA. 2016. Fate of nano- and microplastic in freshwater systems: A modeling study. *Environ. Pollut.* 220:540-548.
- Bosker T, Guaita L, Behrens P. 2018. Microplastic pollution on Caribbean beaches in the Lesser Antilles. *Mar. Pollut. Bull.*, 133:442-447.
- Birk M, Peter B, Pierre HD, Michel H, Dirk H, Cesare H, Tomas H, Gilles L, Lars A, Alexander M. 2016. Removal of foreign bodies in the upper gastrointestinal tract in adults: European Society of Gastrointestinal Endoscopy (ESGE) Clinical Guideline. 48:1-8.
- Brate ILN, Eidsvoll DP, Steindal CC, Thomas KV. 2016. Plastic ingestion by Atlantic cod (*Gadus morhua*) from the Norwegian coast. *Mar. Pollut. Bull.* 112:105-110.
- Cole M, Lindeque P, Halsband C, Galloway TS. 2011. Microplastics as contaminants in the marine environment: A review. *Mar. Pollut. Bull.* 62:2588-2597.
- Cole M, Lindeque P, Fileman E, Halsband C, Goodhead R, Moger J, Galloway TS. 2013. Microplastic ingestion by zooplankton. *Environ. Sci. Technol.* 47:6646-6655.
- Claessens M, Cauwenberghes LV, Vandegehuchte MB, Janssen CR. 2013. New techniques for the detection of microplastics in sediments and field collected organisms. *Mar. Pollut. Bull.* 70:227-233.
- Carson HS, Nerheim MS, Carroll KA, Eriksen M. 2013. The plastic-associated microorganisms of the North Pacific Gyre. *Mar. Pollut. Bull.* 75:126-132.
- Cauwenberghes VL, Vanreusel A, Mees J, Janssen CR. 2013. Microplastic pollution in deep-sea sediments. *Environ. Pollut.* 182:495-499.
- Chua EM, Shimeta J, Nugegoda D, Morrison PD, Clarke BO. 2014. Assimilation of polybrominated diphenyl ethers from microplastics by the marine amphipod, *Allorchestes compressa*. *Environ. Sci. Technol.* 48:8127-8134.

- Cincinelli A, Scopetani C, Chelazzi D, Lombardini E, Martellini T, Katsoyiannis A, Fossi MC, Corsolini S. 2017. Microplastic in the surface waters of the Ross Sea (Antarctica): Occurrence, distribution and characterization by FTIR. *Chemosphere*. 175:391-400.
- Cordova MR, Hernawan UE. 2018. Microplastics in Sumba waters, East Nusa Tenggara. *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.* 162:1-2.
- Donald W, Meals R, Richards P, Steven A, Dressing. 2013. Pollutant load estimation for water quality monitoring projects. *National Nonpoint Source Monitoring Program*. 1-21 p.
- Desforges JPW, Galbraith M, Dangerfield N, Ross PS. 2014. Widespread distribution of microplastic in subsurface seawater in the NE Pacific Ocean. *Mar. Pollut. Bull.* 71(1):94-99.
- Desforges JP, Galbraith M, Ross PS. 2015. Ingestion of microplastics by zooplankton in the Northeast Pacific Ocean. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 69:320-330.
- Dyachenko A, Mitchell J, Arsem N. 2016. Extraction and identification of microplastic particles from secondary wastewater treatment plant (WWTP) effluent. *Analytical Methods*. 9(9):1412–1418.
- Dris R, Gasperi J, Mirande C, Mandin C, Guerrouache M, Langlois V, Tassin B. 2017. A first overview of textile fibers, including microplastics, in indoor and outdoor environments. *Environ. Pollut.* 221:453-458.
- Fisner M, Taniguchi S, Moreira F, Bícego MC, Turra A. 2013a. Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in plastic pellets: variability in the concentration and composition at different sediment depths in a sandy beach. *Mar. Pollut. Bull.* 70:219-226.
- Fisner M, Taniguchi S, Majer AP, Bícego MC, Turra A. 2013b. Concentration and composition of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in plastic pellets: implications for small-scale diagnostic and environmental monitoring. *Mar. Pollut. Bull.* 76:349-354.
- Fossi MC, Panti C, Gurranti C, Coppola D, Giannetti M, Marsili L, Minutoli R. 2012. Are baleen whales exposed to the threat of microplastics? A casestudy of the Mediterranean fin whale (*Balaenoptera physalus*). *Mar. Pollut. Bull.* 64(11): 2374-2379.
- Guven O, Gokdag K, Jovanovic B, Kideys AE. 2017. Microplastic litter composition of the Turkish territorial waters of the Mediterranean Sea, and its occurrence in the gastrointestinal tract of fish. *Environ. Pollut.* 223:1-9.
- Hirai H, Takada H, Ogata Y, Yamashita R, Mizukawa K, Saha M, Ward MW. 2011. Organic micropollutants in marine plastics debris from the open ocean and remote and urban beaches. *Mar. Pollut. Bull.* 62(8):1683-1692.
- Hildago-Ruz V, Gutow L, Thompson RC, Thiel M. 2012. Microplastics in themarine environment: A review of the methods used for identification andquantification. *Environ. Sci. Technol.* 46:3060-3075.
- Jantz LA, Morishige CL, Bruland GL, Lepczyk CA. 2013. Ingestion of plastic marine debris by longnose lancetfish (*Alepisaurus ferox*) in the North Pacific Ocean. *Mar. Pollut. Bull.* 69:97-104.
- Kolandhasamy P, Su L, Li J, Qu X, Jabeen K, Shi H. 2018. Adherence of microplastics to soft tissue of mussels: A novel way to uptake microplastics beyond ingestion. *Sci. Total Environ.* 610-611:635-640.





- Law KL. 2017. Plastics in the Marine Environment. *Annu. Rev. Mar. Sci.* 9(1):205-229.
- Lazzaro X. 1987. A review planktivorous fishes: their evolution, feeding behaviours, selectivities, and impacts. Sao Carlos: Dr W. Junk Publishers. *Hydrobiologia*. 146:97-167.
- Lusher AL, McHugh M, Thompson RC. 2013. Occurrence of microplastics in the gastrointestinal tract of pelagic and demersal fish from the English Channel. *Mar. Pollut. Bull.* 67(1): 94-99.
- Lusher AL, Burke A, O'Connor I, Officer R. 2014. Microplastic pollution in the Northeast Atlantic Ocean: Validated and opportunistic sampling. *Mar. Pollut. Bull.* 88(1):325-333.
- Lusher AL, Hernandez-Milian G, O'Brien J, Berrow S, O'Connor I, Officer R. 2015. Microplastic and macroplastic ingestion by a deep living, oceanic cetacean: The True's beaked whale *Mesoplodon mirus*. *Environ. Pollut.* 199:185-191.
- Lusher AL, Welden NA, Sobral P, Cole M. 2017. Sampling, isolating and identifying microplastics ingested by fish and invertebrates. *Analytical Methods*. 9:1346-1360.
- Lassen C, Hansen SF, Magnusson K, Noren F, Hartmann NIB, Jensen PR, Nielsen TG, Brinch A. 2015. *Microplastics - Occurrence, effects and sources of releases to the environment in Denmark*. Copenhagen (K): The Danish Environmental Protection Agency. 206 p.
- Moore CJ, Moore SL, Leecaster MK, Weisberg SB. 2001. A comparison of plastic and plankton in the North Pacific Central Gyre. *Mar. Pollut. Bull.* 42 (12): 1297-1300.
- Manalu AA. 2017. Kelimpahan Mikroplastik di Teluk Jakarta. [tesis]. (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Masura J, Baker J, Foster G, Arthur C, Herring C, Editor T. 2015. Laboratory Methods for the Analysis of Microplastics in the Marine Environment: Recommendations for quantifying synthetic particles in waters and sediments. *Natl. Ocean. Atmos. Adm.* U.S. Doi: NOS-OR&R-48.
- Mu J, Zhang S, Qu L, Jin F, Fang C, Ma X, Zhang W, Wang J. 2019. Microplastics abundance and characteristics in surface waters from the Northwest Pacific, the Bering Sea, and the Chukchi Sea. *Mar. Pollut. Bull.* 143:58-65.
- McEachern K, Alegria H, Kalagher AL, Hansen C, Morrison S, Hastings D. 2019. Microplastics in Tampa Bay, Florida: Abundance and variability in estuarine waters and sediments. *Mar. Pollut. Bull.* 148:97-106.
- Nanami A, Shimose T. 2013. Interspecific differences in prey items in relation to morphological characteristics among four lutjanid species (*Lutjanus decussatus*, *L. fulviflamma*, *L. fulvus* and *L. gibbus*). *Environmental Biology of Fishes*. 96(5):591–602.
- Nor NHM, Obbard JP. 2014. Microplastics in Singapore's coastal mangrove ecosystems. *Mar. Pollut. Bull.* 79:278-283.
- Nadal MA, Alomar C, Deudero S. 2016. High levels of microplastic ingestion by the semipelagic fish bogue *Boops boops* (L.) around the Balearic Islands. *Environ. Pollut.* 214:517-523.

- Nugroho HN, Restu IW, Ernawati NM. 2018. Kajian kelimpahan mikroplastik di perairan Teluk Benoa Provinsi Bali. *Current Trends in Aquatic Science*. 1(1):80-90.
- Olivatto GP, Martins MCT, Montagner CC, Henry TB, Carreira RS. 2019. Microplastic contamination in surface waters in Guanabara Bay, Rio de Janeiro, Brazil. *Marine Pollution Bulletin*. 139:157–162.
- Ondara K, Husrin S. 2017. Karakteristik gelombang pecah dan analisis transpor sedimen di perairan Teluk Kendari. *J. Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*. 9(2):585-596.
- Plastics Europe. 2018. *Plastics the Facts 2018: An analysis of European plastics production, demand and waste data*. [diunduh 2 Mei 2019].
- Rochman CM, Tahir A, Williams SL, Baxa DV, Lam R, Miller JT, Teh FC, Werorilangi S, Teh SJ. 2015. Anthropogenic debris in seafood: Plastic debris and fibers from textiles in fish and bivalves sold for human consumption. *Scientific Reports*. 5:1-10.
- Rummel CD, Loder MGJ, Fricke NF, Lang T, Griebeler EM, Janke M, Gerdts G. 2015. Plastic ingestion by pelagic and demersal fish from the North Sea and Baltic Sea. *Mar. Pollut. Bull.* 102(1):1-8.
- Ruslin M, Ramli M, Nurgayah W. 2019. Kepadatan dan pola distribusi *Saccostrea Cucullata* di perairan Teluk Kendari. *Jurnal Sapa Laut*. 4(3):135-142.
- Sieburth JM, Smetacek V, Lenz J. 1978. Pelagic ecosystem structure: heterotrophic compartments of the plankton and their relationship to size fractions. *Limnol. Oceanogr*. 23(6):1256-1263.
- Setala O, Fleming-Lehtinen V, Lehtiniemi M. 2014. Ingestion and transfer of microplastic in the planktonic food web. Finland: Marine Research Center. *Environ. Pollut.* 185:77-83.
- Syakti AD, Hidayati NV, Jaya YV, Siregar SH, Yude R, Suhendy, Asia L, Wong-Wah-Chung P, Doumenq P. 2018. Simultaneous grading of microplastic size sampling in the Small Islands of Bintan water, Indonesia. *Mar. Pollut. Bull.* 137:593-600.
- Thompson RC, Moore CJ, vom Saal FS, Swan SH. 2009. Plastics, the environment and human health: current consensus and future trends. *Philos. Trans. R. Soc. London, B*. 364(1526):2153-2166.
- Vinello A, Boldrin A, Guerrieri P, Moschino V, Rella R, Sturaro A, Da Ros L. 2013. Microplastic particles in sediments of Lagoon of Venice, Italy: First observations on occurrence, spatial patterns and identification. Venice: CNR. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. 130:54-61.
- Wright SL, Thompson RC, Galloway TS. 2013. The physical impacts of microplastics on marine organisms: A review. *Environ. Pollut.* 178:483-492.
- Zhang H. 2017. Transport of microplastics in coastal seas. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. 199:74-86.
- Zhang W, Zhang S, Wang J, Wang Y, Mu J, Wang P, Lin X, Ma D. 2017. Microplastic pollution in the surface waters of the Bohai Sea, China. *Environ. Pollut.* 231:541-548.
- Zhu L, Bai H, Chen B, Sun X, Qu K, Xia B. 2018. Microplastic pollution in North Yellow Sea, China: Observations on occurrence, distribution and identification. *Science of The Total Environment*. 636:20-29.



24

Zheng Y, Li J, Cao W, Liu X, Jiang F, Ding J, Sun C. 2019. Distribution characteristics of microplastics in the seawater and sediment: A case study in Jiaozhou Bay, China. *Science of The Total Environment*. 674:27-35.

@Hak cipta milik IPB University

IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak mengurangi kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahir pada tanggal 7 Juli 1992 di Amolengu Kabupaten Konawe Selatan Sulawesi Tenggara. Penulis merupakan anak keempat dari empat bersaudara dari pasangan Bapak Tandia dan Ibu Waode Faimah.

Pendidikan sarjana ditempuh di Program Studi Ilmu Kelautan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Halu Oleo (UHO) Kendari, Sulawesi Tenggara, lulus pada tahun 2015. Kemudian pada tahun 2017, penulis melanjutkan pendidikan Magister di Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor Program Studi Ilmu Kelautan.



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak mengurangi kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.