

Kandungan mikroplastik pada empat jenis ikan ekonomis penting di perairan Selat Bali

[Microplastics abundance in four different species of commercial fishes in Bali Strait]

Dara Sarasita¹, Agung Yunanto², dan Defri Yona^{1,3} ✉

¹ Program Studi Ilmu Kelautan, FPIK, Universitas Brawijaya
Jalan Veteran no 2, Malang, Jawa Timur 65142
darasarasita@gmail.com

² Balai Riset dan Observasi Laut
Jalan Baru Perancak 82251, Negara, Jembrana, Bali
ag.yunanto@gmail.com

³ Marine Resources Exploration and Management (MEXMA) Research Group, Universitas Brawijaya
Jalan Veteran no 2, Malang, Jawa Timur 65142
defri.yona@ub.ac.id

Diterima: 28 Mei 2019; Disetujui: 02 Desember 2019

Abstrak

Sampah plastik dalam lingkungan laut akan terdegradasi dalam waktu yang sangat lama hingga menjadi mikroplastik. Ukuran mikroplastik yang sangat kecil dapat termakan oleh ikan dan membahayakan tidak hanya bagi ikan tersebut namun juga bagi manusia yang mengonsumsinya. Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis keberadaan mikroplastik pada empat ikan ekonomis penting di perairan Selat Bali yaitu ikan layur (*Trichiurus lepturus*), layang (*Decapterus russelli*), lemuru (*Sardinella lemuru*) dan kembung (*Rastrelliger kanagurta*). Sebanyak 30 ekor ikan setiap spesiesnya didapatkan dari hasil tangkapan nelayan di Perairan Selat Bali pada Bulan Mei 2018. Kandungan mikroplastik pada saluran pencernaan ikan diidentifikasi jenisnya secara visual dan dengan menggunakan mikroskop serta uji *Fourier Transform Infra-Red* (FTIR) dilakukan untuk mengetahui polimer dari partikel mikroplastik tersebut. Terdapat tiga jenis mikroplastik yang ditemukan (film, fiber, dan fragmen) pada empat spesies ikan tersebut dengan kelimpahan jenis dan kelimpahan total yang berbeda-beda. Kelimpahan total mikroplastik tertinggi ditemukan pada ikan lemuru ($7,03 \pm 0,49$ partikel individu⁻¹) diikuti oleh ikan kembung ($5,03 \pm 0,50$ partikel individu⁻¹), ikan layang ($4,23 \pm 0,38$ partikel individu⁻¹) dan ikan layur ($3,83 \pm 0,50$ partikel individu⁻¹). Hasil uji FTIR menunjukkan sampel mikroplastik yang ditemukan terdiri dari beberapa polimer seperti *polyvinyl chloride* (PVC), *polyamide* (PA), *polycarbonate* (PC), dan *polyethylene* (PE).

Kata penting: ikan konsumsi, kelimpahan, plastik, polusi perairan

Abstract

Plastic wastes in marine environment will be degraded for long period of time to become microplastics. The small size of microplastics could be ingested by marine species which has lead to harmful impacts not only to the marine species but also to human. This research aimed to investigate microplastics ingestion in four commercial fishes in the Bali Strait, namely largehead hairtail (*Trichiurus lepturus*), Indian scad (*Decapterus russelli*), Bali sardinella (*Sardinella lemuru*), and Indian mackerel (*Rastrelliger kanagurta*). Thirty fish samples from each species of fishes were obtained from the fishermen. Microplastics contents were identified visually using microscope from the gastrointestinal tracks of the fish and polymer of microplastics were identified using *Fourier Transform Infra-Red* (FTIR) test. The results showed that three types of microplastics (fiber, film and fragment) were found in the four species of fishes with different total abundances. The highest abundance was found in Bali sardine (7.03 ± 0.49 particle individual⁻¹), followed by Indian mackerel (5.03 ± 0.50 particle individual⁻¹), Indian scad (4.23 ± 0.38 particle individual⁻¹) and largehead hairtail (3.83 ± 0.50 particle individual⁻¹). FTIR test showed that polymer types of microplastic found were *polyvinyl chloride* (PVC), *polyamide* (PA), *polycarbonate* (PC), dan *polyethylene* (PE).

Keywords: abundance, edible fish, plastic, water pollution

Pendahuluan

Selat Bali merupakan salah satu selat yang memiliki peranan penting di Indonesia. Beberapa peranan penting tersebut meliputi penghubung antara Pulau Jawa dan Pulau Bali,

pelayaran berbagai macam kapal, serta memiliki produktivitas perikanan yang tinggi (Sartimbul *et al.* 2010). Selat Bali merupakan habitat bagi berbagai jenis ikan ekonomis penting, diantaranya ikan layur (*Trichiurus lepturus*),

ikan layang (*Decapterus ruselli*), ikan lemuru (*Sardinella lemuru*) dan ikan kembung (*Rastrelliger kanagurta*). Genisa (1999) menyatakan bahwa ikan dikatakan ekonomis penting jika memiliki nilai penjualan yang tinggi serta volume dan daya produksi yang tinggi dan luas. Berdasarkan data dari Pelabuhan Perikanan Nusantara (PPN) Pengambangan, Jembrana, Bali, tahun 2018, produksi per-tahun ikan layur, ikan layang, ikan lemuru dan ikan kembung, berturut-turut sebanyak 19 ton, 572 ton, 6 ton dan 53 ton.

Sebagai salah satu selat yang memiliki peranan penting, perairan Selat Bali tidak luput dari masalah gangguan sampah yang banyak masuk ke perairan ini (Husrin *et al.* 2017). Aktivitas domestik, industri dan perikanan berpotensi sebagai sumber masukan sampah termasuk sampah plastik.

Plastik merupakan material yang bersifat serba guna dikarenakan harganya yang murah, ringan, kuat, tahan lama dan tidak mudah rusak (Ivar do Sul & Costa 2014). Produksi massal plastik dimulai pada tahun 1940-an dan meningkat cepat mencapai 230 juta ton plastik pada tahun 2009 (Cole *et al.* 2011). Semakin tinggi produksi plastik maupun produk lainnya yang berbahan dasar plastik, maka limbah plastik pun akan semakin banyak. Jutaan metrik ton plastik diproduksi setiap tahunnya dan telah terakumulasi di lautan dalam jumlah yang banyak baik pada zona pelagis maupun demersal (Derraik 2002, Jambeck *et al.* 2015).

Polusi plastik dapat memasuki saluran air melalui sistem drainase ataupun pembuangan limbah yang akan berakhir di laut. Menurut Eriksen *et al.* (2013), polusi plastik adalah jenis dominan dari sampah antropogenik yang ditemukan di lingkungan laut. Plastik menyusun

sebagian besar sampah laut di seluruh dunia dengan proporsi 60% sampai 80% (Derraik 2002). Sampah plastik yang ada di laut akan terdegradasi dalam waktu yang sangat lama dan membentuk mikroplastik (Galgani *et al.* 2015). Penelitian tentang keberadaan mikroplastik di perairan Indonesia telah dilakukan baik di perairan tawar maupun laut yaitu di perairan utara Surabaya (Cordova *et al.* 2019), pantai utara Laut Jawa, Gresik (Yona *et al.* 2019), Pantai Pangandaran (Septian *et al.* 2018) dan Sungai Ciwalengke, Majalaya (Alam *et al.* 2019). Penelitian-penelitian tersebut menunjukkan bahwa mikroplastik di perairan Indonesia juga telah menjadi masalah yang serius dan harus segera ditangani.

Mikroplastik merupakan partikel plastik berukuran kurang dari 5 mm (McCormick *et al.* 2014). Ukuran mikroplastik yang menyerupai plankton dapat tertelan oleh biota laut, terutama ikan. Mikroplastik yang tertelan akan memberikan berbagai macam dampak pada biota (Moore 2008). Senyawa kimiawi yang terkandung dalam polimer plastik dapat mengganggu sistem endokrin dan reproduksi biota laut (Lithner *et al.* 2011). Selain itu, plastik memiliki kemampuan untuk mengikat polutan organik berbahaya seperti *Polycyclic Aromatic Hydrocarbon* (PAH) dan *Polychlorinated Biphenyls* (PCB). Beberapa penelitian yang telah dilakukan menunjukkan ditemukannya mikroplastik pada sistem pencernaan ikan (Neves *et al.* 2015, Romeo *et al.* 2015, Miranda & de Carvalho-Souza 2016, Peters & Bratton 2016). Pada akhirnya, mikroplastik pada ikan dapat membawa dampak pada kesehatan manusia (Avio *et al.* 2017). Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis keberadaan mikroplastik pada beberapa ikan

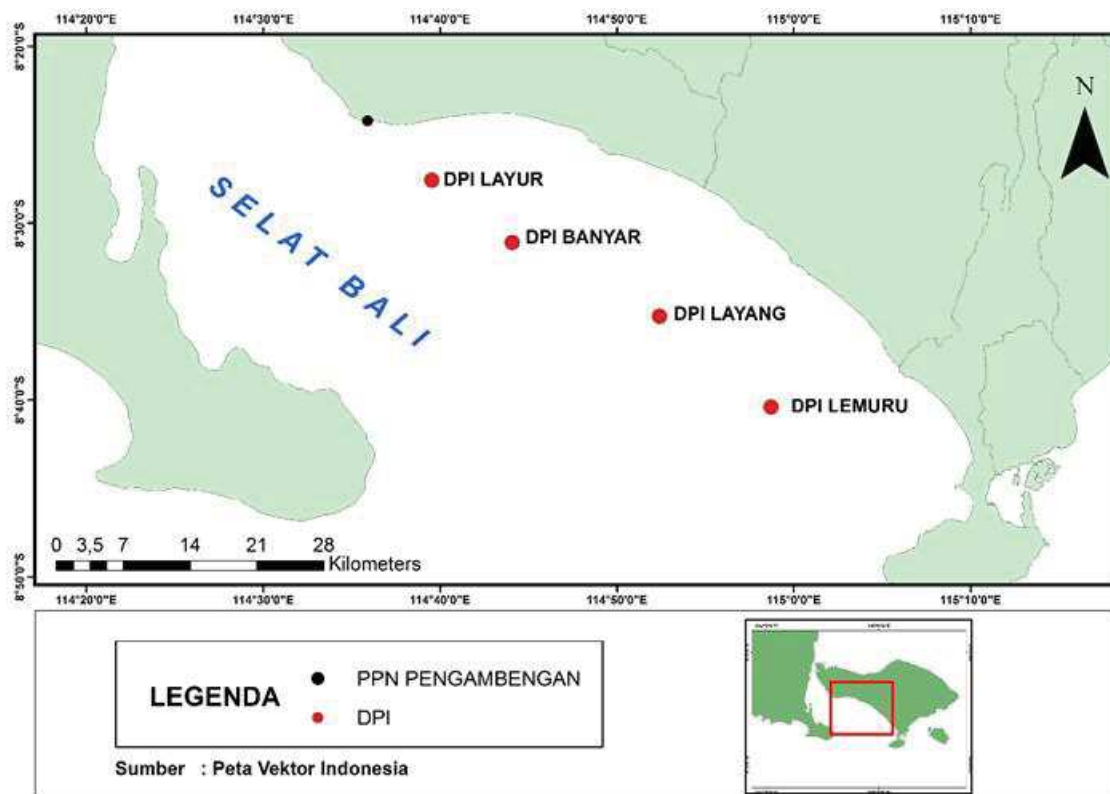
ekonomis penting sebagai ikan konsumsi, yaitu ikan layur (*Trichiurus lepturus*), ikan layang (*Decapterus russelli*), ikan lemuru (*Sardinella lemuru*), dan ikan kembung (*Rastrelliger kanagurta*) di perairan Selat Bali. Berdasarkan informasi yang didapatkan dari nelayan, keberadaan keempat ikan tersebut melimpah di Selat Bali pada musim peralihan 1 (transisi dari muson barat ke muson timur) yaitu pada bulan Maret – April. Hal ini berkaitan dengan peningkatan konsentrasi klorofil-a yang dapat meningkatkan kesuburan perairan (Suniada & Susilo 2018).

Bahan dan Metode

Waktu dan tempat penelitian

Sampel ikan yang digunakan pada penelitian ini berasal dari beberapa daerah penangkapan ikan (DPI) di perairan Selat Bali dan Pelabuhan Perikanan Nasional (PPN)

Pengembangan, Jembrana, Bali (Gambar 1). Empat jenis ikan ekonomis penting yaitu ikan layur, ikan layang, ikan lemuru dan ikan kembung diperoleh dari hasil tangkapan nelayan pada Bulan Mei 2018. Masing-masing spesies ikan berjumlah 30 individu dengan ukuran yang sama pada setiap jenisnya yaitu: ikan layur dengan panjang rata-rata 65 cm dan ikan layang, ikan lemuru dan ikan kembung berkisar 17 cm. Ukuran-ukuran ini dipilih dengan asumsi ukuran tersebut adalah ukuran dewasa untuk setiap jenis ikan (Muchlis & Prihatingsih 2015, Kasmi *et al.* 2018). Analisis mikroplastik pada ikan dilakukan di Laboratorium Kualitas Perairan, Balai Riset dan Observasi Laut (BROL), Bali pada bulan April – Juni 2018. Uji *Fourier Transform Infra-Red* (FTIR) mikroplastik dilakukan di Laboratorium Sentral Universitas Negeri Malang, Jawa Timur.



Gambar 1. Peta daerah penangkapan ikan

Prosedur analisis laboratorium

Analisis laboratorium yang digunakan pada penelitian ini merupakan modifikasi dari beberapa tahapan dalam penelitian yang dilakukan oleh Jabeen *et al.* (2017) dan Masura *et al.* (2015). Beberapa tahapan yang diadopsi dan dimodifikasi meliputi preparasi sampel ikan, penggunaan volume larutan H₂O₂ 30% dan Fe (II) 0,05 M yang digunakan, serta dilakukan modifikasi pada penyaringan sampel dengan menghilangkan tahapan floatasi. Tahapan floatasi dilakukan untuk memisahkan partikel mikroplastik dengan densitas yang lebih rendah dibandingkan densitas air dan bahan organik (Coppock *et al.* 2017). Hal ini biasanya dilakukan dengan menambahkan larutan garam untuk menambah densitas air. Prosedur analisis laboratorium pada penelitian ini terbagi menjadi beberapa tahap, yaitu preparasi sampel, perlakuan hidrogen peroksida, identifikasi mikroplastik dan uji FTIR.

Preparasi sampel

Tahap preparasi sampel ikan dilakukan dengan menggunakan metode Jabeen *et al.* (2017) yaitu berupa pengambilan sampel pada usus dan lambung. Preparasi sampel meliputi persiapan alat dan bahan, serta pembedahan ikan untuk diambil saluran pencernaannya. Ikan yang beku didiamkan pada suhu ruang dan pembedahan dilakukan untuk mengambil bagian usus dan lambung ikan. Selanjutnya pencernaan ikan ditimbang sebagai berat basah sampel.

Tahap perlakuan hidrogen peroksida

Tahap perlakuan *hidrogen peroksida* dilakukan dengan menggunakan metode Masura *et al.* (2015) yang dimodifikasi dengan

penambahan N-Hexane. Pada tahap ini, sampel yang sudah disiapkan dalam wadah ditambahkan 20 ml larutan Fe (II) 0,05 M dan 20 ml larutan H₂O₂ 30%, kemudian didiamkan selama semalam. Setelah itu, sebanyak 20 ml H₂O₂ 30% dan 20 ml Fe (II) 0,05 M ditambahkan kembali ke dalam sampel. Sampel didiamkan selama 5 menit, kemudian diletakkan di atas pemanas (*hotplate*) dengan suhu 75°C dan kecepatan putaran 180 rpm dalam waktu 30 menit. Selama proses pelarutan ini ditambahkan larutan N-Hexane sebanyak 4 – 6 ml untuk menghilangkan lemak yang dapat menempel pada alat serta mengikat sampel yang dapat mengganggu proses selanjutnya.

Penyaringan sampel

Pada tahap penyaringan sampel dilakukan dengan modifikasi metode Masura *et al.* (2015). Modifikasi dilakukan dengan menghilangkan flotasi sampel dan menambahkan proses penyaringan vakum dengan kain saring 100 µm yang digunting berbentuk lingkaran menyerupai kertas saring pada umumnya. Penghilangan floatasi sampel ditujukan untuk mengeliminir peluang mikroplastik yang tidak terapung dikarenakan faktor berat jenis maupun terikat dengan bahan organik pada proses sebelumnya. Pada tahapan ini, cawan petri yang sudah diberi label disiapkan untuk wadah kain saring setelah proses penyaringan. Hasil saringan didiamkan selama semalam pada suhu ruang sampai mengering.

Identifikasi mikroplastik

Identifikasi mikroplastik dibagi menjadi tiga tahap, yaitu identifikasi menggunakan penyinaran lampu, identifikasi dengan

mikroskop, serta uji FTIR. Langkah pertama adalah identifikasi dengan penyinaran lampu untuk mengidentifikasi mikroplastik yang masih dapat dilihat tanpa bantuan mikroskop. Mikroplastik yang teridentifikasi kemudian dipindahkan ke dalam *tube* untuk dilakukan uji FTIR. Langkah selanjutnya adalah mengidentifikasi kain saring dengan menggunakan mikroskop. Langkah ini dilakukan untuk mengidentifikasi mikroplastik yang sulit dilihat dengan mata tanpa bantuan alat.

Secara visual, mikroplastik dapat dikategorikan menjadi empat jenis yaitu fragmen, film, fiber dan pelet dengan ukuran kurang dari 5 mm. Fragmen adalah pecahan plastik yang tidak beraturan, tebal dan susah untuk dihancurkan menggunakan pinset. Film adalah lembaran plastik yang sangat tipis, fiber adalah potongan tali atau jaring berbahan plastik atau nylon, dan pelet adalah material plastik yang berbentuk bulat-bulat sangat kecil (Hidalgo-Ruz *et al.* 2012, Nor dan Obbard 2014, Yona *et al.* 2019).

Uji FTIR

FTIR adalah salah satu teknik analitik yang sangat baik dalam proses identifikasi struktur molekul suatu senyawa (Kusumastuti 2011). Hal ini karena FTIR mampu memancarkan sinar infrared yang akan diserap oleh polimer plastik dan dipancarkan kembali dalam bentuk spektrum. Spektrum ini nantinya dapat digunakan untuk mengidentifikasi jenis polimer plastik berdasarkan referensi (Baalkhuyur *et al.* 2018). Pada penelitian ini, analisa FTIR dilakukan pada partikel yang sudah melewati tahap identifikasi visual dan dipilih untuk diuji. Mikroplastik yang dipilih mewakili partikel yang paling banyak ditemukan pada sampel ikan

yang dianalisa. Partikel mikroplastik dikelompokkan berdasarkan jenis (film, fiber, fragmen), tekstur (keras, lunak, tebal, tipis), serta warna dari partikel mikroplastik yang ditemukan (Hidalgo-Ruz *et al.* 2012) untuk setiap spesies ikan.

Analisis statistik

Uji normalitas dilakukan untuk menentukan apakah data terdistribusi normal atau tidak. Karena data terdistribusi normal, uji parametric *One way ANOVA* digunakan untuk membandingkan kelimpahan total mikroplastik pada setiap jenis ikan ($p < 0,01$). Uji lanjutan Tukey's test dilakukan untuk menentukan jenis ikan apa yang berbeda kelimpahan total mikroplastiknya. Seluruh analisa statistik dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak Minitab 17.

Hasil

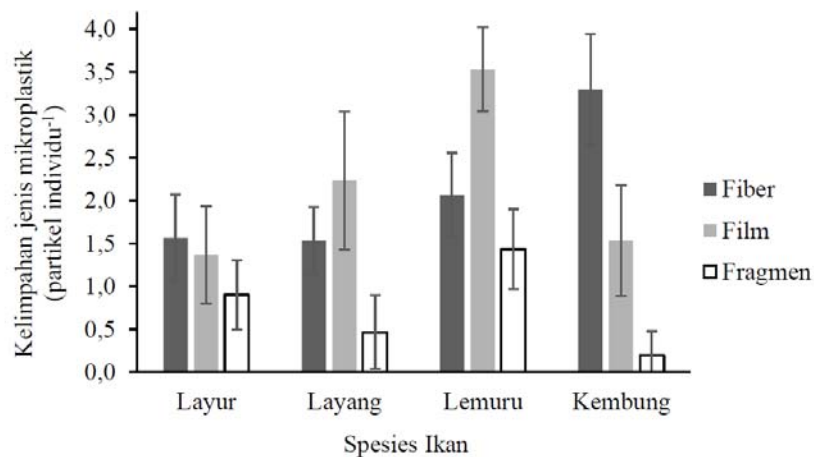
Kelimpahan dan persentase jenis mikroplastik pada ikan

Hasil analisis mikroplastik pada empat spesies ikan menunjukkan adanya beberapa jenis mikroplastik pada saluran pencernaan ikan yaitu film, fiber dan fragmen. Mikroplastik jenis pelet maupun foam tidak ditemukan pada sampel ikan yang diteliti. Fiber, film, dan fragmen ditemukan dengan persentase (Tabel 1) dan kelimpahan jenis (Gambar 2) yang berbeda-beda. Fiber dan film mendominasi pada setiap spesies ikan, sedangkan mikroplastik jenis fragmen ditemukan dengan jumlah yang lebih rendah pada setiap spesies ikan. Ikan layang dan lemuru mengakumulasi lebih banyak film dibandingkan fiber, namun sebaliknya, fiber ditemukan dengan jumlah yang lebih banyak pada ikan kembung. Pada ikan layur, komposisi

Tabel 1. Persentase jenis mikroplastik (n=30 untuk setiap spesies ikan)

Spesies Ikan	Persentase (%) $\pm$ sb		
	Fiber	Film	Fragmen
Layur	40,87 $\pm$ 14,61	35,65 $\pm$ 13,87	23,48 $\pm$ 10,90
Layang	36,22 $\pm$ 10,97	52,76 $\pm$ 12,71	11,02 $\pm$ 10,77
Lemuru	29,38 $\pm$ 9,79	50,24 $\pm$ 11,58	20,38 $\pm$ 7,36
Kembung	65,56 $\pm$ 9,66	30,46 $\pm$ 9,37	3,97 $\pm$ 4,21

sb = simpangan baku



Gambar 2. Rata-rata kelimpahan jenis mikroplastik pada setiap spesies ikan

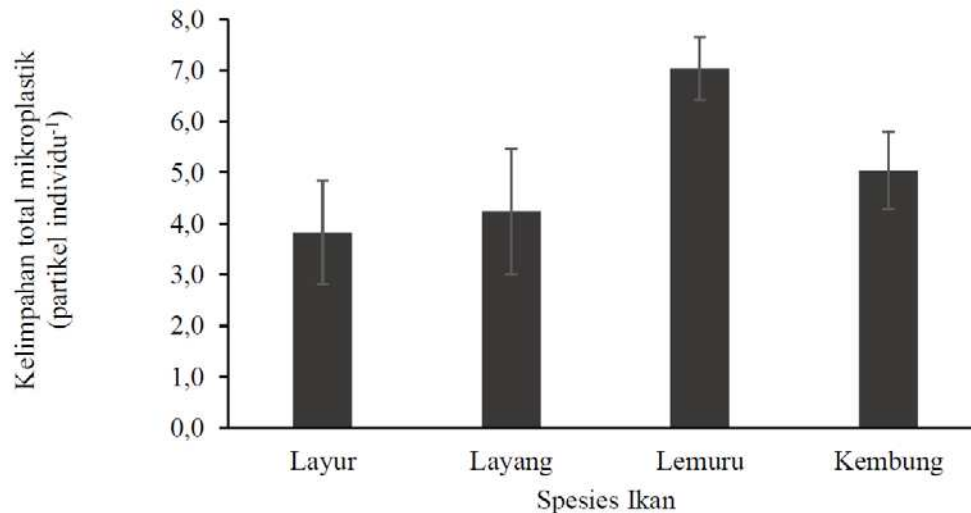
setiap jenis mikroplastik ditemukan dengan jumlah yang tidak jauh berbeda. Rata-rata persentase kemunculan jenis film pada ikan layang dan ikan lemuru adalah 50 % sedangkan kemunculan jenis fiber pada ikan kembung adalah 65 %.

Kelimpahan jenis film pada ikan lemuru adalah 3,53 $\pm$ 1,27 partikel individu⁻¹ diikuti dengan fiber dan fragmen berturut-turut adalah 2,07 $\pm$ 0,49 dan 1,43 $\pm$ 0,47 partikel individu⁻¹. Pola yang sama ditemukan pada ikan layang dengan kelimpahan tertinggi pada film (2,23 $\pm$ 0,81 partikel individu⁻¹) dan diikuti oleh fiber (1,53 $\pm$ 0,39 partikel individu⁻¹) dan fragmen (0,47 $\pm$ 0,43 partikel individu⁻¹). Sebaliknya, pada ikan kembung kelimpahan tertinggi ditemukan pada jenis fiber (3,30 $\pm$ 0,65 partikel

individu⁻¹) yang diikuti oleh film (1,53 $\pm$ 0,61 partikel individu⁻¹) dan fragmen (0,20 $\pm$ 0,28 partikel individu⁻¹). Pada ikan layur, kelimpahan ketiga jenis mikroplastik ditemukan dengan nilai yang tidak jauh berbeda, yaitu 1,57 $\pm$ 0,50 partikel individu⁻¹ untuk fiber, 1,37 $\pm$ 0,56 partikel individu⁻¹ untuk film dan 0,90 $\pm$ 0,40 partikel individu⁻¹ untuk fragmen (Gambar 2).

Kelimpahan total mikroplastik pada ikan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan pada 120 sampel ikan, keempat jenis ikan ekonomis penting di perairan Selat Bali mengandung mikroplastik dengan rata-rata jumlah total mikroplastik yang berbeda pada masing-masing spesies (Gambar 3). Lemuru ditemukan dengan rata-rata jumlah mikroplastik



Gambar 3. Kelimpahan total mikroplastik

yang lebih tinggi dibandingkan dengan spesies lainnya. Hal ini didukung dengan hasil analisis statistik *One Way ANOVA* yang menunjukkan adanya perbedaan jumlah mikroplastik antara spesies ikan yang berbeda ($p < 0,01$). Uji lanjutan yang dilakukan menunjukkan letak perbedaan berada pada ikan lemuru dan ikan layur.

Kelimpahan total mikroplastik pada ikan lemuru adalah $7,03 \pm 0,62$ partikel individu⁻¹. Jumlah kelimpahan total tersebut berbeda dengan tiga spesies ikan lainnya yaitu ikan kembang dengan kelimpahan total $5,03 \pm 0,76$ partikel individu⁻¹; ikan layang dengan kelimpahan total $4,23 \pm 1,23$ partikel individu⁻¹ dan kelimpahan total pada ikan layur adalah $3,83 \pm 1,01$ partikel individu⁻¹ (Gambar 3).

Polimer mikroplastik

Hasil analisis FTIR menunjukkan pada sampel mikroplastik yang diujikan mengandung beberapa polimer penyusun plastik. Sebanyak 13 sampel mikroplastik yang terdiri atas jenis film, fiber, dan fragmen diujikan dan menghasilkan 8 polimer penyusun plastik secara

keseluruhan. Polimer tersebut meliputi *polyethylene* (PE), *polyvinyl chloride* (PVC), *polyethylene terephthalate* (PET), *polypropylene* (PP), *polycarbonate* (PC), *polyamidenylon* (PA), *polystyrene* (PS), dan *acrylonitrile butadiene styrene* (ABS). PA, PVC, PC dan PE masing-masing ditemukan sebanyak 16% (2 dari 12 polimer) dan polimer lainnya ditemukan masing-masing sebanyak 8%.

Pembahasan

Kelimpahan dan persentase jenis mikroplastik pada ikan

Tiga jenis mikroplastik ditemukan pada saluran pencernaan ikan dalam penelitian ini yaitu fiber, film, dan fragmen dengan variasi kelimpahan jenis antarspesies. Pada setiap jenis ikan, fiber dan film lebih mendominasi dibandingkan fragmen. Dominansi jenis fiber dan film pada ikan juga ditemukan pada beberapa penelitian (Lusher *et al.* 2013, Neves *et al.* 2015, Rochman *et al.* 2015). Bentuk mikroplastik termasuk salah satu faktor yang memengaruhi potensi termakan oleh ikan. Sebagai contoh, bentuk bulat (pellet atau *plastic*

bead) cenderung lebih dihindari dibandingkan bentuk memanjang (fiber) (Foley *et al.* 2018). Hal ini mendukung hasil penelitian dengan ditemukannya jenis fiber pada ikan lebih banyak dibandingkan jenis mikroplastik lainnya.

Ikan kembung dan ikan layur ditemukan dengan jumlah fiber yang lebih banyak dibandingkan film dan fragmen. Fiber diketahui melimpah di dasar perairan dan mengendap di sedimen (Claessens *et al.* 2011, Woodall *et al.* 2014, Bellas *et al.* 2016) karena densitasnya yang lebih besar daripada air laut sehingga berpotensi untuk tenggelam ke dasar perairan dan termakan oleh organisme benthik (Neves *et al.* 2015). Ikan layur diketahui sebagai ikan demersal, sedangkan ikan kembung meskipun termasuk ke dalam ikan pelagis namun diketahui melakukan migrasi vertikal dalam mencari makanannya. Selain itu dominansi fiber pada ikan kembung juga dapat diakibatkan oleh perpindahan mikroplastik dalam rantai makanan. Ikan kembung merupakan ikan pemakan zooplankton (Utami *et al.* 2014) dan beberapa penelitian telah menemukan kandungan fiber pada zooplankton (Desforges *et al.* 2016, Garnier *et al.* 2019). Bentuk fiber yang memanjang dan menyerupai zooplankton juga dapat menjadi alasan jenis ini termakan oleh ikan kembung (Nie *et al.* 2019).

Mikroplastik jenis film ditemukan melimpah pada ikan lemuru dan ikan layang. Film merupakan lembaran tipis atau potongan seperti selaput dari plastik tipis (Free *et al.* 2014) yang cenderung memiliki densitas yang lebih rendah dibandingkan jenis mikroplastik lainnya (Hastuti *et al.* 2014). Mikroplastik jenis film mudah terapung mendekati permukaan dan berpotensi untuk tertelan oleh ikan-ikan pelagis (Lusher *et al.* 2013, Rochman *et al.* 2015) seperti ikan layang dan ikan lemuru.

Secara keseluruhan mikroplastik jenis fragmen memiliki kelimpahan paling rendah dibandingkan dengan mikroplastik jenis fiber dan film. Mikroplastik jenis fragmen merupakan mikroplastik yang bersumber dari potongan produk plastik dengan polimer sintesis yang sangat kuat (Hastuti *et al.* 2014) serta memiliki densitas yang lebih tinggi sehingga memungkinkan fragmen berada pada perairan dalam ataupun dasar sedimen. Pada penelitian yang dilakukan oleh Yona *et al.* (2019), ditemukan kelimpahan mikroplastik jenis fragmen yang tinggi pada sedimen perairan. Beberapa penelitian juga menemukan rendahnya keberadaan fragmen pada ikan (Neves *et al.* 2015, Rochman *et al.* 2015, Chan *et al.* 2019), namun Garnier *et al.* (2019) dan Karbalaie *et al.* (2019) menemukan dominansi fragmen pada ikan. Keberadaan fragmen pada ikan diduga berkaitan dengan tinggi rendahnya fragmen tersebut pada lingkungan perairan (Romeo *et al.* 2015, Nie *et al.* 2019).

Kelimpahan total mikroplastik pada ikan

Kelimpahan total mikroplastik pada penelitian ini ditemukan jauh lebih tinggi jika dibandingkan penelitian lain. Rata-rata $5,03 \pm 1,42$ partikel per individu ikan ditemukan pada keempat spesies ikan dan nilai ini jauh lebih tinggi jika dibandingkan dengan hasil penelitian Neves *et al.* (2015) dengan kelimpahan rata-rata $0,27 \pm 0,63$ partikel individu⁻¹ dan penelitian Karbalaie *et al.* (2019) dan Lusher *et al.* (2013) dengan kelimpahan masing-masing adalah 1,25 partikel individu⁻¹ dan $1,90 \pm 0,10$ partikel individu⁻¹. Nilai yang tidak jauh berbeda ditemukan pada penelitian Nie *et al.* (2019) dengan kelimpahan rata-rata adalah 3,1 partikel individu⁻¹.

Kelimpahan total mikroplastik tertinggi terdapat pada ikan lemuru diikuti dengan ikan kembung, ikan layang, dan ikan layur. Ikan lemuru yang memiliki kebiasaan makan dengan menyaring makanan lebih rentan menelan mikroplastik dan tidak selektif dalam memangsa makanannya (Neves *et al.* 2015), sehingga mikroplastik yang terdapat pada perairan di sekitar habitat ikan lemuru akan dengan mudah tertelan oleh ikan. Ikan kembung juga merupakan ikan pelagis pemakan plankton kasar (makroplankton) yang menyaring makanannya berdasarkan ukuran kasar dan halus plankton. Berbeda dengan ikan lemuru dan ikan kembung, makanan utama ikan layang adalah ikan kecil, Crustacea, dan Copepoda (Genisa 1999, Poojary *et al.* 2010). Mikroplastik yang tertelan oleh ikan layang dapat disebabkan oleh mangsa ikan yang berkelompok sehingga membuat predator kurang selektif. Selain itu, partikel plastik yang tertelan oleh ikan layang juga dapat termakan melalui rantai makanan (McGoran *et al.* 2017). Rendahnya kelimpahan mikroplastik pada ikan layur, disebabkan oleh kebiasaan ikan tersebut makan. Ikan layur merupakan ikan karnivora pemakan udang-udangan, cumi-cumi, dan ikan-ikan kecil (Abidin *et al.* 2013) sehingga ikan ini lebih selektif terhadap mangsa dan memungkinkan melakukan penolakan terhadap partikel yang dianggap bukan makanannya (Manalu *et al.* 2017).

Menurut Neves *et al.* (2015), keberadaan mikroplastik yang ditemukan pada ikan berhubungan dengan jenis spesies yang digunakan dalam penelitian, habitat, kebiasaan makan ikan, densitas partikel plastik, serta keberadaan mikroplastik tersebut pada lingkungan perairan. Hal tersebut mendukung dugaan bahwa perbedaan kelimpahan mikroplastik pada setiap

spesies ikan pada penelitian ini diduga dipengaruhi oleh habitat atau ruaya ikan, kebiasaan makan, serta karakteristik dari partikel plastik (mikroplastik).

Polimer mikroplastik

Tidak ada polimer yang ditemukan mendominasi dalam penelitian ini. Beberapa polimer tersebut umumnya digunakan dalam pembuatan berbagai macam produk plastik. Beberapa contoh diantaranya adalah pembuatan kantong plastik yang umumnya menggunakan PE dan PP (Nor dan Obbard 2014), pembuatan perangkat pelampung pada jaring ikan menggunakan PS (Pruter, 1987), produk otomotif yang menggunakan ABS (White 2007), pembuatan wadah (*container*) menggunakan PVC dan PET, hingga pembuatan lensa lampu lalu lintas menggunakan PC (Crawford & Quinn 2017). Selain itu, fragmentasi polyethylene, polypropylene, dan nylon yang berasal dari alat-alat tangkap yang hilang atau dibuang di laut berpotensi menyumbangkan mikroplastik jenis fiber (Bessa *et al.* 2018).

Simpulan

Partikel mikroplastik (fiber, film, fragmen) ditemukan pada keempat spesies ikan yang diteliti yaitu ikan layur (*Trichiurus lepturus*), layang (*Decapterus ruselli*), lemuru (*Sardinella lemuru*) dan kembung (*Rastrelliger kanagurta*) di perairan Selat Bali. Jenis mikroplastik fiber dan film ditemukan mendominasi pada setiap spesies ikan. Kelimpahan partikel mikroplastik tertinggi ditemukan pada ikan lemuru diikuti oleh ikan kembung, layang, dan layur. Perbedaan kelimpahan total dan kelimpahan jenis mikroplastik pada setiap spesies ikan di-

pengaruhi oleh habitat dan kebiasaan makan ikan serta karakteristik jenis mikroplastik.

Persantunan

Penulis menyampaikan terima kasih kepada instansi Balai Riset dan Observasi Laut (BROL) dan kepada Ibu Mardatilah, S.Si yang telah membantu dalam proses identifikasi mikroplastik di laboratorium.

Daftar pustaka

- Abidin Z, Redjeki S, Ambariyanto A. 2013. Studi kebiasaan makanan ikan layur (*Trichiurus lepturus*) di perairan Pantai Bandengan Kabupaten Jepara dan di Perairan Tawang Weleri Kabupaten Kendal. *Journal of Marine Research*, 2(3): 95-103.
- Alam FC, Sembiring E, Muntalif BS, Suendo V. 2019. Microplastic distribution in surface water and sediment river around slum and industrial area (case study: Ciwalengke River, Majalaya district, Indonesia). *Chemosphere*, 224: 637–645. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.02.188>
- Avio CG, Gorbi S, Regoli F. 2017. Plastics and microplastics in the oceans: From emerging pollutants to emerged threat. *Marine Environmental Research*, 128: 2–11.
- Baalkhuyur FM, Bin Dohaish E-JA, Elhalwagy MEA, Alikunhi NM, AlSuwailam AM, Røstad A, Coker DJ, Berumen ML, Duarte CM. 2018. Microplastic in the gastrointestinal tract of fishes along the Saudi Arabian Red Sea coast. *Marine Pollution Bulletin*, 131(Part A): 407–415.
- Bellas J, Martínez-Armental J, Martínez-Cámara A, Besada V, Martínez-Gómez C. 2016. Ingestion of microplastics by demersal fish from the Spanish Atlantic and Mediterranean coasts. *Marine Pollution Bulletin*, 109(1): 55–60.
- Bessa F, Barria P, Neto JM, Frias JPGL, Otero V, Sobral P, Marques JC. 2018. Occurrence of microplastics in commercial fish from a natural estuarine environment. *Marine Pollution Bulletin*, 128: 575–584.
- Chan HSH, Dingle C, Not C. 2019. Evidence for non-selective ingestion of microplastic in demersal fish. *Marine Pollution Bulletin*, 149: 110523. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.110523>
- Claessens M, Meester SD, Landuyt LV, Clerck KD, Janssen CR. 2011. Occurrence and distribution of microplastics in marine sediments along the Belgian coast. *Marine Pollution Bulletin*, 62(10): 2199–2204.
- Cole M, Lindeque P, Halsband C, Galloway TS. 2011. Microplastics as contaminants in the marine environment: A review. *Marine Pollution Bulletin*, 62(12): 2588–2597.
- Coppock RL, Cole M, Lindeque PK, Queirós AM, Galloway TS. 2017. A small-scale, portable method for extracting microplastics from marine sediments. *Environmental Pollution*, 230: 829–837.
- Cordova MR, Purwiyanto AIS, Suteja Y. 2019. Abundance and characteristics of microplastics in the northern coastal waters of Surabaya, Indonesia. *Marine Pollution Bulletin*, 142: 183–188.
- Crawford CB, Quinn B. 2017. Plastic production, waste and legislation. *Microplastic Pollutants*, 30: 39–56.
- Derraik JG. 2002. The pollution of the marine environment by plastic debris: a review. *Marine Pollution Bulletin*, 44(9): 842–852.
- Desforges J-PW, Galbraith M, Ross PS. 2015. Ingestion of microplastics by zooplankton in the Northeast Pacific Ocean. *Archive of Environmental Contamination and Toxicology*, 69(3): 320–330. <https://doi.org/10.1007/s00244-015-0172-5>
- Eriksen M, Mason S, Wilson S, Box C, Zellers A, Edwards W, Farley H, Amato S. 2013. Microplastic pollution in the surface waters of the Laurentian Great Lakes. *Marine Pollution Bulletin*, 77(1-2): 77–182.
- Foley CJ, Feiner ZS, Malinich TD, Höök TO. 2018. A meta-analysis of the effects of exposure to microplastics on fish and aquatic invertebrates. *Science of Total Environment*, 631–632: 550–559. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.03.046>
- Free CM, Jensen OP, Mason SA, Eriksen M, Williamson NJ, Boldgiv B. 2014. High-levels of microplastic pollution in a large,

- remote, mountain lake. *Marine Pollution Bulletin*, 85(1): 156–163.
- Galgani F, Hanke G, Maes T. 2015. Global distribution, composition and abundance of marine litter. In: Bergmann M, Gutow L, Klages M. (Eds.). *Marine Anthropogenic Litter*. Springer International Publishing. London. pp. 29–56.
- Garnier Y, Jacob H, Guerra AS, Bertucci F, Lecchini D. 2019. Evaluation of microplastic ingestion by tropical fish from Moorea Island, French Polynesia. *Marine Pollution Bulletin*, 140: 165–170. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.01.038>
- Genisa AS. 1999. Pengenalan jenis-jenis ikan laut ekonomis penting di Indonesia. *Jurnal Oseana*, 24(1): 17-38.
- Hastuti AR, Yulianda F, Wardiatno Y. 2014. Spatial distribution of marine debris in mangrove ecosystem of pantai indah kapuk, Jakarta. *Bonoworo Wetlands*, 4(2): 94-107.
- Hidalgo-Ruz V, Gutow L, Thompson RC, Thiel M. 2012. Microplastics in the marine environment: A review of the methods used for identification and quantification. *Environmental Science & Technology*, 46(6): 3060–3075.
- Husrin S, Wisha UJ, Prasetyo R, Putra A, Attamimi A. 2017. Characteristics of marine litters in the west coast of Bali. *Jurnal Segara*, 13(2): 129-140.
- Ivar do Sul JA, Costa MF. 2014. The present and future of microplastic pollution in the marine environment. *Environmental Pollution*, 185: 352–364.
- Jabeen K, Su L, Li J, Yang D, Tong C, Mu J, Shi H. 2017. Microplastics and mesoplastics in fish from coastal and fresh waters of China. *Environmental Pollution*, 221: 141–149.
- Jambeck JR, Geyer R, Wilcox C, Siegler TR, Perryman M, Andrady A, Narayan R, Law KL. 2015. Plastic waste inputs from land into the ocean. *Science*, 347(6223): 768–771.
- Karbalaie S, Golieskardi A, Hamzah HB, Abdulwahid S, Hanachi P, Walker TR, Karami A. 2019. Abundance and characteristics of microplastics in commercial marine fish from Malaysia. *Marine Pollution Bulletin*, 148: 5–15.
- Kasmi M, Hadi S, Kantun W. 2018. Biologi reproduksi ikan kembung lelaki, *Rastreliger kanagurta* (Cuvier, 1816) di perairan pesisir Takalar, Sulawesi Selatan. *Jurnal Iktiologi Indonesia*, 17: 259–271. <https://doi.org/10.32491/jii.v17i3.364>
- Kusumastuti A. 2011. Pengenalan pola gelombang khas dengan interpolasi. *Jurnal Matematika Murni dan Aplikasi*, 2 (1): 7-12.
- Lithner D, Larsson Å, Dave G. 2011. Environmental and health hazard ranking and assessment of plastic polymers based on chemical composition. *Science of Total Environment*, 409(18): 3309–3324. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2011.04.038>
- Lusher AL, McHugh M, Thompson RC. 2013. Occurrence of microplastics in the gastrointestinal tract of pelagic and demersal fish from the English Channel. *Marine Pollution Bulletin*, 67(1–2): 94–99.
- Manalu AA, Hariyadi S, Wardiatno Y. 2017. Microplastics abundance in coastal sediments of Jakarta Bay, Indonesia. *Aquaculture, Aquarium, Conservation & Legislation*, 10(5): 1164–1173.
- Masura J, Baker J, Foster G, Arthur C, Herring C. 2015. Laboratory methods for analysis of microplastics in the marine environment: recommendations for quantifying synthetic particles in waters and sediments. *NOAA Marine Debris Program National Oceanic and Atmospheric Administration US Department of Commerce*, (Technical Memorandum NOS-OR&R-48), p.1.
- McCormick A, Hoellein TJ, Mason SA, Schluep J, Kelly JJ. 2014. Microplastic is an abundant and distinct microbial habitat in an urban river. *Environmental Science & Technology*, 48(20): 11863–11871.
- McGoran AR, Clark PF, Morritt D. 2017. Presence of microplastic in the digestive tracts of European flounder (*Platichthys flesus*) and European smelt (*Osmerus eperlanus*) from the River Thames. *Environmental Pollution*, 220(Part A): 744–751.

- Moore CJ. 2008. Synthetic polymers in the marine environment: A rapidly increasing, long-term threat. *Environmental Research*, 108(2): 131–139.
- Muchlis N, Prihatingsih. 2015. Aspek biologi reproduksi ikan layur, *Trichiurus lepturus* Linnaeus 1758 di Palabuhanratu, In: Rahardjo MF, Zahid A, Hadiaty RK, Mangkalangi E, Hadie W, Haryono, Supriyono E, (Eds.). *Prosiding Seminar Nasional Ikan Ke 8*. Masyarakat Iktiologi Indonesia, Bogor, pp. 257–264.
- Neves D, Sobral P, Ferreira JL, Pereira T. 2015. Ingestion of microplastics by commercial fish off the Portuguese coast. *Marine Pollution Bulletin*, 101(1): 119–126.
- Nie H, Wang J, Xu K, Huang Y, Yan M. 2019. Microplastic pollution in water and fish samples around Nanxun Reef in Nansha Islands, South China Sea. *Science of Total Environment*, 696: 134022. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.134022>
- Nor NHM, Obbard JP. 2014. Microplastics in Singapore's coastal mangrove ecosystems. *Marine Pollution Bulletin*, 79(1-2): 278–283.
- Peters CA, Bratton SP. 2016. Urbanization is a major influence on microplastic ingestion by sunfish in the Brazos River Basin, Central Texas, USA. *Environmental Pollution*, 210: 380–387.
- Poojary N, Tiwari LR, Jaiswar AK. 2010. Food and feeding habits of the Indian scad, *Decapterus russelli* (Ruppell, 1830) from Mumbai waters, north-west coast of India. *Indian Journal of Fisheries*, 57(4): 93–99.
- Pruter AT. 1987. Source, quantities and distribution of persistent plastics in the marine environment. *Marine Pollution Bulletin*, 18(6): 305–310.
- Rochman CM, Tahir A, Williams SL, Baxa DV, Lam R, Miller JT, Teh F, Werorilangi S, Teh SJ. 2015. Anthropogenic debris in seafood: plastic debris and fibers from textiles in fish and bivalves sold for human consumption. *Nature Science Report*, 1–10.
- Romeo T, Pietro B, Pedà C, Consoli P, Andaloro F, Fossi MC. 2015. First evidence of presence of plastic debris in stomach of large pelagic fish in the Mediterranean Sea. *Marine Pollution Bulletin*, 95(1): 358–361.
- Sartimbul A, Nakata H, Rohadi E, Yusuf B, Kadarisman HP. 2010. Variations in chlorophyll-a concentration and the impact on *Sardinella lemuru* catches in Bali Strait, Indonesia. *Progress in Oceanography*, 87(1-4): 168–174.
- Septian FM, Purba NP, Agung MUK, Yuliadi LPS, Akuan LF, Mulyani PG. 2018. Sebaran spasial mikroplastik di sedimen Pantai Pangandaran, Jawa Barat. *Jurnal Geomaritim Indonesia*, 1(1): 1–8.
- Suniada KI, Susilo E. 2018. Keterkaitan kondisi oseanografi dengan perikanan pelagis di perairan Selat Bali. *Jurnal Penelitian Perikanan Indonesia*, 23(4): 275–286. <https://doi.org/10.15578/jppi.23.4.2017.275-286>
- Utami MNF, Redjeki S, Supriyanti E. 2014. Komposisi isi lambung ikan kembung lelaki (*Rastrelliger kanagurta*) di Rembang. *Journal of Marine Research*, 3(2) 99–106.
- White WC. 2007. Butadiene production process overview. *Chemico-biological interactions*, 166(1-3): 10–14.
- Woodall LC, Sanchez-Vidal A, Canals M, Paterson GLJ, Coppock R, Sleight V, Calafat A, Rogers AD, Narayanaswam BE, Thompson RC. 2014. The deep sea is a major sink for microplastic debris. *Royal Society Open Science*, 1: 140317. <https://doi.org/10.1098/rsos.140317>
- Yona D, Sari SHJ, Iranawati F, Bachri S, Ayuningtyas WC. 2019. Microplastics in the surface sediments from the eastern waters of Java Sea, Indonesia. *F1000Research*, 8: 98