



## BAB 16

# Sampah Laut dari Aktivitas Penangkapan Ikan: Komposisi, Dampak, dan Penanganannya

*Ilham Zulfahmi*

### A. Polusi Sampah Laut di Indonesia

Perhatian global terhadap polusi sampah laut terus meningkat, terutama dalam dua dekade terakhir. Setiap tahunnya, diperkirakan lebih dari 30 metrik ton sampah berjenis plastik masuk mencemari lautan (Meijer et al., 2021). Di samping itu, sampah laut juga telah dilaporkan terdistribusi pada berbagai kawasan spasial laut, mulai dari kawasan ekuator hingga kawasan kutub (Barnes & Milner, 2005; Figueroa-Pico et al., 2016). Sampah laut juga ditemukan pada berbagai stratifikasi lapisan, mulai dari permukaan laut hingga dasar laut dalam (Lebreton et al., 2017; Woodall et al., 2014).

Sumber utama polusi sampah laut berasal dari hasil samping aktivitas-aktivitas antropogenik, seperti aktivitas pariwisata, aktivitas

---

I. Zulfahmi

Universitas Syiah Kuala, *e-mail*: ilham.zulfahmi@usk.ac.id

© 2023 Editor & Penulis

Zulfahmi, I. (2023). Sampah laut dari aktivitas penangkapan ikan: Komposisi, dampak, dan penanganannya. Dalam K. Amri, H. Latuconsina, & R. Triyanti (Ed.), *Pengelolaan sumber daya perikanan laut berkelanjutan* (595–636). Penerbit BRIN. DOI: 10.55981/brin.908.c767 E-ISBN: 978-623-8372-50-8

rumah tangga, aktivitas industri, dan aktivitas penangkapan ikan. Hasil penelitian dari Hayati et al. (2020) mengungkapkan adanya korelasi positif antara jumlah pengunjung dan meningkatnya jumlah sampah di kawasan wisata pesisir. Sebagai contoh, 54% dari total polusi sampah di kawasan wisata pesisir Pulau Tidung Jakarta dilaporkan bersumber dari ketidakpedulian pengunjung terhadap sampah yang dihasilkan (Hayati et al., 2020).

Padatnya aktivitas rumah tangga di sekitar pesisir ikut ditengarai sebagai sumber polusi sampah di laut. Hasil penelitian Cordova dan Nurhati (2019) mengungkapkan bahwa laut di sekitar kawasan padat penduduk cenderung lebih rentan mengalami polusi sampah. Aktivitas industri dilaporkan menyumbang sekitar 2,1% polusi sampah laut di bagian selatan Pulau Belize, Amerika (Blanke et al. 2021). Polusi sampah laut dari aktivitas penangkapan ikan umumnya berasal dari sampah sisa perbekalan, perlengkapan pendukung, dan alat penangkapan ikan (Sciutteri et al., 2023; Yenici & Turkoglu, 2023). Hasil penelitian Purba et al. (2017) mengungkapkan bahwa sampah yang ditemukan di perairan Pulau Biawak, Jawa Barat, mayoritas berasal dari aktivitas penangkapan ikan oleh nelayan. Hasil penelitian lain mengungkapkan bahwa sebanyak 98% sampah laut di perairan Amerika Selatan berasal dari aktivitas penangkapan ikan, dan hanya 2% yang berasal dari pariwisata/masyarakat pesisir (Farias et al., 2018).

Sebagai salah satu negara kepulauan terbesar di dunia, perairan laut Indonesia memiliki potensi perikanan tangkap yang sangat menjanjikan (Arianto, 2020; Badan Pusat Statistik [BPS], 2021). Potensi sumber daya perikanan laut Indonesia mencapai 12,01 juta ton per tahun, yang meliputi ikan pelagis besar, pelagis kecil, demersal, udang peneaid, lobster, dan cumi-cumi (Arianto, 2020; Kementerian Kelautan dan Perikanan, 2022). Sayangnya, polusi sampah di perairan laut Indonesia berpotensi menimbulkan dampak negatif yang dapat mengurangi hasil tangkapan ikan, merusak ekosistem laut, dan menghambat perekonomian masyarakat pesisir (Prasetiawan et al., 2022). Jambeck et al. (2015) mengatakan, saat ini Indonesia merupakan negara peringkat dua dunia penghasil sampah laut (mencapai 187,2 juta ton).

Polusi sampah laut dari aktivitas penangkapan ikan di Indonesia sangat berpotensi terjadi, mengingat tingginya jumlah unit penangkapan ikan yang beroperasi di perairan laut (mencapai 1.004.060 unit penangkapan pada tahun 2021) (Kementerian Kelautan dan Perikanan, 2021). Di samping itu, hasil penelitian Irawan et al. (2020) mengungkapkan bahwa mayoritas nelayan Indonesia masih belum memiliki kesadaran dan kurang teredukasi dalam hal pengelolaan sampah saat melakukan aktivitas penangkapan ikan. Se jauh ini ulasan terkait polusi sampah laut yang berasal dari aktivitas penangkapan ikan di Indonesia masih jarang diungkap. Oleh karena itu, bab ini mengkaji pentingnya upaya memetakan komposisi dan dampak polusi sampah laut dari aktivitas penangkapan ikan di Indonesia agar dapat menjadi landasan untuk menyusun strategi penanganan sampah laut dari aktivitas penangkapan ikan.

## **B. Komposisi Jenis Sampah Laut dari Aktivitas Penangkapan Ikan**

Pengelompokan sampah dari aktivitas penangkapan ikan dapat mengacu pada panduan yang telah ditetapkan oleh panduan United Nations Environment Programme (UNEP, 2009). Dalam panduan ini, sampah dikelompokkan berdasarkan jenis bahan, jenis sampah, serta kaitannya dengan aktivitas penangkapan ikan, diikuti dengan pemberian kode. Jenis bahan sampah digolongkan ke dalam delapan kategori, sedangkan jenis sampah digolongkan ke dalam sembilan kategori (Gambar 16.1). Panduan ini telah digunakan untuk menggambarkan komposisi sampah pada berbagai kawasan pesisir dan laut, meliputi kawasan pesisir Pulau Biawak, Jawa Barat (Purba et al., 2017), kawasan Ekowisata Mangrove Kupang Nusa Tenggara Timur (Paulus et al., 2020), Kerala India (Daniel et al., 2020), Laut Mediterania (Saladié & Bustamante, 2021), dan Teluk Manado (Lasut et al., 2021).

Se jauh ini, publikasi sajian data komposisi jenis sampah dari aktivitas penangkapan ikan mengacu pada panduan UNEP

di Indonesia masih sangat jarang. Irawan et al. (2020) pernah menganalisis komposisi sampah dari aktivitas penangkapan ikan di Pelabuhan Perikanan Nusantara (PPN) Palabuhanratu. Walaupun demikian, pengelompokan sampahnya masih dilakukan secara acak. Oleh karena itu, kami melakukan proyek percontohan analisis komposisi jenis sampah dari aktivitas penangkapan ikan mengacu pada panduan UNEP di Pangkalan Pendaratan Ikan (PPI) Pantai Labu, Deli Serdang, Sumatra Utara, Indonesia.

Koleksi data komposisi sampah dilakukan dengan memberikan wadah plastik berukuran besar ( $65 \times 75$  cm) kepada nakhoda atau anak buah kapal disertai dengan instruksi untuk mengumpulkan sampah-sampah selama aktivitas penangkapan ke dalam wadah plastik yang telah disediakan. Jumlah sampel yang diamati sebanyak 25% dari populasi (jika populasi  $>100$ ) dan dipilah berdasarkan jenis alat tangkap. Perincian komposisi sampel meliputi 95 kapal jaring insang, 20 kapal pukat cincin, 49 kapal pancing ulur, dan 47 kapal lampara dasar. Sampah yang diperoleh kemudian dipilah berdasarkan kategori yang ada dalam panduan untuk kemudian ditimbang dan dihitung persentasenya. Parameter pendukung lainnya yang perlu untuk diperoleh meliputi jumlah anak buah kapal dalam kapal penangkap ikan, lama trip melaut (hari), jumlah trip melaut dalam satu bulan, serta jarak menuju daerah penangkapan (mil).

Secara umum, hasil penelitian menunjukkan bahwa sampah laut berbahan plastik memiliki persentase yang dominan jika dibandingkan dengan bahan lainnya. Unit penangkapan ikan pancing ulur memiliki tiga kategori jenis bahan sampah (logam, kertas dan kardus, serta plastik), sedangkan sisanya hanya memiliki dua kategori jenis bahan sampah saja (kertas dan kardus, serta plastik) (Gambar 16.1). Persentase plastik tertinggi terdapat pada unit penangkapan dengan alat tangkap jaring insang (77%), diikuti dengan lampara dasar (76%), pancing ulur (63%), dan pukat cincin (57%) (Gambar 16.2). Dominansi sampah laut dari plastik juga ikut dilaporkan karena mencemari perairan Chennai, pantai timur India (Arun Kumar et al., 2019). Selain dari aktivitas penangkapan ikan, tingginya persentase



Sumber: UNEP (2009)

**Gambar 16.1** Pengelompokan Sampah Laut (kiri) dan Sampah Plastik (kanan) Berdasarkan Panduan UNEP

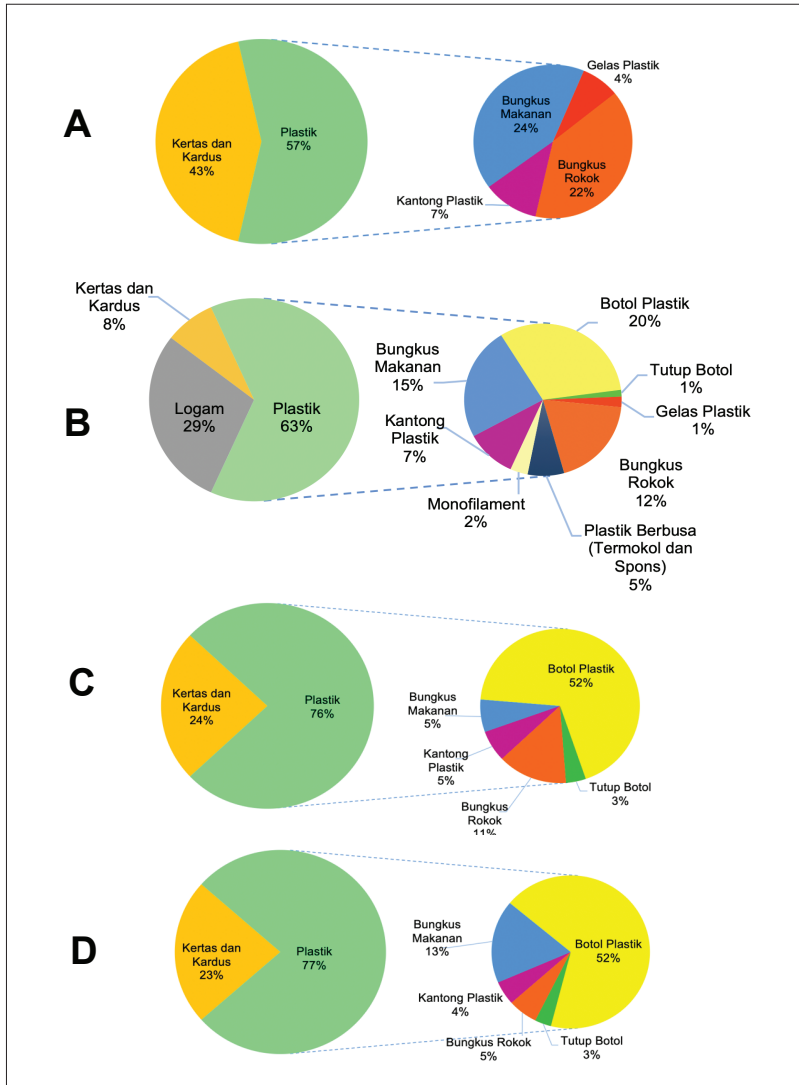
komposisi sampah dari jenis plastik juga terjadi melalui aktivitas pariwisata pesisir (Paulus et al., 2020).

Berdasarkan jenis sampah plastiknya, unit penangkapan ikan pancing ulur memiliki komposisi jenis sampah plastik lebih tinggi daripada unit penangkapan ikan dengan alat tangkap lainnya (Gambar 16.2). Botol plastik menjadi jenis sampah plastik dominan pada unit penangkapan menggunakan jaring insang, lampara dasar, dan pancing ulur, sedangkan pada unit penangkapan pukat cincin, jenis sampah plastik dari bungkus makanan dan bungkus rokok lebih mendominasi (Gambar 16.2). Sampah yang berkaitan dengan aktivitas penangkapan ikan hanya ditemukan pada unit penangkapan pancing ulur berupa monofilamen yang biasa dijadikan sebagai benang

pancing. Unit penangkapan ikan pancing ulur memiliki jumlah berat sampah tertinggi per trip penangkapan, yaitu sebesar 863,02 g/trip penangkapan diikuti dengan unit penangkapan ikan pukat cincin (445,45 g/trip penangkapan), lampara dasar (128,29 g/trip penangkapan), dan jaring insang (126,44 g/trip penangkapan) (Tabel 16.2).

Komposisi sampah laut dari aktivitas penangkapan ikan dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti jumlah anak buah kapal, lama melaut, jarak melaut, dan jumlah trip penangkapan dalam satu bulan. Unit penangkapan ikan pukat cincin yang beroperasi di PPI Pantai Labu, Deli Serdang, memiliki jumlah kisaran anak buah kapal antara 10–12 orang. Dengan jumlah sebanyak itu biasanya nelayan menggunakan galon air minum untuk menyimpan air selama aktivitas penangkapan ikan. Berbeda halnya dengan unit penangkapan ikan dengan alat penangkapan lainnya, terutama lampara dasar dan jaring insang yang hanya memiliki jumlah anak buah penangkapan ikan antara 1–3 orang. Perbekalan air minum biasanya dipenuhi dengan membeli air botol mineral berukuran 1,5 liter dan air mineral dalam kemasan gelas. Kedua jenis perbekalan air minum ini digunakan hanya untuk sekali pakai sehingga berdampak pada meningkatnya jumlah sampah plastik dari jenis botol plastik, gelas plastik, dan tutup botol.

Lama dan jarak melaut juga ikut memengaruhi komposisi dan jumlah sampah laut yang dihasilkan. Unit penangkapan ikan dengan zona penangkapan ikan yang jauh umumnya memiliki durasi penangkapan lebih lama. Hal ini berdampak pada bertambahnya jumlah dan jenis perbekalan. Hasil observasi menunjukkan bahwa unit penangkapan ikan pancing ulur di PPI Pantai Labu, Deli Serdang, memiliki durasi melaut dan jarak melaut yang lebih tinggi daripada unit penangkapan ikan dengan alat tangkap lainnya (Tabel 16.1). Hal ini berdampak pada lebih variatifnya jenis bahan dan jenis sampah yang dihasilkan. Sampah dari jenis bahan logam diperoleh pada unit penangkapan ikan pancing ulur. Bahan logam tersebut berasal dari kaleng sarden dan kaleng susu (Gambar 16.3).



Keterangan: (A) Pukat Cincin, (B) Pancing Ulur, (C) Lampara Dasar, (D) Jaring Insang.

**Gambar 16.2** Komposisi sampah dari aktivitas penangkapan ikan berdasarkan jenis alat tangkap.



Keterangan: (A) Kantong Plastik; (B) Bungkus Makanan; (C) Botol Plastik; (D) Tutup Botol; (E) Gelas Plastik; (F) Bungkus Rokok; (G) Plastik Berbusa; (H) Monofilamen/Benang Pancing; (I) Logam/Kaleng; (J) Kardus  
Foto: Ilham Zulfahmi (2022)

**Gambar 16.3** Beberapa Contoh Jenis Sampah dari Aktivitas Penangkapan Ikan di PPI Pantai Labu, Deli Serdang

### C. Estimasi Jumlah Sampah Laut dari Aktivitas Penangkapan Ikan

Estimasi jumlah sampah laut bulanan dari aktivitas penangkapan ikan di sebuah pelabuhan perikanan dapat diukur dengan melakukan perkalian antara jumlah populasi unit penangkapan, jumlah berat sampah per trip penangkapan, dan jumlah trip penangkapan dalam satu bulan. Makin besar jumlah unit penangkapan dan makin banyak jumlah trip yang dilakukan dalam satu bulan, akan berdampak pada makin tingginya jumlah sampah laut yang dihasilkan. Hasil observasi menunjukkan bahwa jumlah sampah laut yang dihasilkan



dari aktivitas penangkapan ikan di PPI Pantai Labu, Deli Serdang, mencapai 2,97 ton sampah/bulan. Proporsi terbesar disumbang oleh unit penangkapan ikan pancing ulur, yaitu sebesar 1 ton/bulan, sedangkan proporsi terkecil terdapat pada unit penangkapan ikan pukat cincin yaitu sebesar 213,8 kg/bulan (Tabel 16.2).

**Tabel 16.1** Nilai Kisaran dan Rata-rata Jumlah Anak Buah Kapal, Lama Melaut, dan Jarak Melaut per Unit Penangkapan Ikan yang Ada di PPI Pantai Labu, Deli Serdang

Alat Tangkap	ABK (Individu)		Lama Melaut (Hari)		Jarak Melaut (Mil)	
	Kisaran	Rata-rata $\pm$ STD	Kisaran	Rata-rata $\pm$ STD	Kisaran	Rata-rata $\pm$ STD
Pukat Cincin	10–12	10,8 $\pm$ 0,69	1–2	1,3 $\pm$ 0,47	1–2	1,55 $\pm$ 0,51
Pancing Ulur	2–6	4,2 $\pm$ 0,79	2–5	3,7 $\pm$ 0,91	15–31	25,79 $\pm$ 4,9
Lampara Dasar	1–3	2,0 $\pm$ 0,73	1–2	1,2 $\pm$ 0,44	0,5–2	1,25 $\pm$ 0,58
Jaring Insang	1–2	1,4 $\pm$ 0,50	1–2	1,4 $\pm$ 0,49	1–3	1,62 $\pm$ 0,68

Berdasarkan hasil wawancara dengan nelayan di PPI Pantai Labu, Deli Serdang, diketahui bahwa mayoritas nelayan masih memilih untuk membuang sampah yang dihasilkan ke laut daripada membawanya kembali ke pelabuhan. Beberapa unit penangkapan ikan juga terlihat tidak memiliki tempat pembuangan sampah sementara yang diletakkan di atas kapal. Aktivitas membuang sampah ke laut oleh nelayan juga dilaporkan terjadi di beberapa wilayah di Indonesia, meliputi PPN Pelabuhan Ratu (Irawan et al., 2020); Gampong Panggong, Meulaboh (Musnadi et al., 2020); dan Saramaake, Halmahera Timur (Sulistiono et al., 2018).

**Tabel 16.2** Estimasi Jumlah Sampah Bulanan dari Aktivitas Penangkapan Ikan di PPI Pantai Labu, Deli Serdang

Alat tangkap	Jumlah Populasi (Unit)	Rata-Rata Berat Sampah (g)	Rata-rata Trip/bulan	Total (g)
Pukat Cincin	20	445,45	24	213.816
Pancing Ulur	195	863,02	6	1.009.733,40
Lampara Dasar	185	128,29	23	545.873,95
Jaring Insang	380	126,44	25	1.201.180
Total				2.970.603,35

Sumber: Hasil Penelitian Penulis (2022)

## **D. Dampak Polusi Sampah Laut**

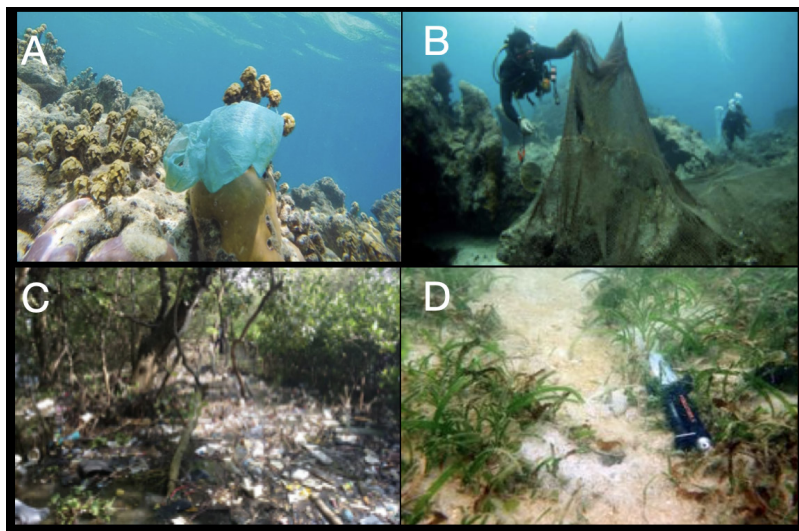
Berikut ini dibahas berbagai macam dampak negatif yang ditimbulkan dari polusi sampah laut.

### **1. Dampak terhadap Terumbu Karang, Mangrove, dan Lamun**

Tingginya jumlah sampah laut dari aktivitas penangkapan ikan sangat berpotensi menimbulkan dampak pada berbagai sektor, seperti dampak terhadap ekosistem dan biota laut, dampak terhadap hasil tangkapan dan ekonomi, dampak terhadap kesehatan manusia, serta dampak terhadap sosial dan budaya. Ekosistem dan biota laut adalah salah satu komponen yang mengalami dampak langsung akibat polusi sampah laut. Dampak yang ditimbulkan dapat terjadi baik dalam jangka pendek maupun jangka panjang. Beberapa peneliti telah mengungkapkan dampak negatif polusi laut terhadap beberapa ekosistem yang ada di laut, seperti terumbu karang, mangrove, dan padang lamun (Gambar 16.4).

Sejumlah penelitian telah mengungkapkan adanya cemaran sampah laut pada beberapa ekosistem terumbu karang di Indonesia, yaitu di Sekotong, Nusa Tenggara Barat (Cordova & Nurhati, 2019); Kepulauan Seribu Jakarta (Assuyuti et al., 2018); dan Taman Nasional Laut Karimun Jawa (Muchlissin et al., 2020). Hasil penelitian Edward et al. (2020) melaporkan adanya korelasi positif antara polusi sampah laut dan kerusakan terumbu karang di Teluk Mannar, India.

Jenis sampah laut dominan yang ditemukan pada ekosistem terumbu karang berupa jaring ikan sebesar 43,17%. Dampak yang ditimbulkan berupa meningkatnya fragmentasi di daerah terumbu karang yang disertai dengan tingginya prevalensi penyakit pada terumbu karang. Probabilitas karang untuk terserang penyakit akibat polusi sampah laut, terutama plastik, dapat meningkat hingga 89% (Lamb et al., 2018). Di samping itu, keberadaan sampah plastik di ekosistem terumbu karang dapat menghambat proses fotosintesis dan pertumbuhan terumbu karang (Assuyuti et al., 2018).



Keterangan: (A) dan (B) Sampah Laut pada Ekosistem Terumbu Karang; (C) Ekosistem Mangrove; (D) Ekosistem Lamun

Sumber: (A) ReefCause (2021); (B) Reuters (2015); (C) Riski (2015); (D) Jilian (2017)

**Gambar 16.4** Contoh Polusi Sampah Laut

Polusi sampah plastik pada ekosistem mangrove telah dilaporkan terjadi di beberapa wilayah Indonesia meliputi Dumai (Siregar et al., 2023), Perancak, Bali (Yunanto et al., 2021) serta Mempawah, Kalimantan Barat (Simamora et al., 2020); dan Ambon (Manullang, 2020). Hasil penelitian Manullang (2020) melaporkan bahwa kepadatan sampah plastik di kawasan ekosistem mangrove Teluk Ambon dengan kepadatan berkisar antara  $10 \pm 4$  item/m<sup>2</sup> hingga  $230 \pm 75$  item/m<sup>2</sup>. Polusi plastik berkorelasi signifikan dengan degradasi kesehatan ekosistem mangrove, baik secara langsung maupun tidak langsung. Sampah plastik dapat menjadi vektor kolonisasi mikroba patogen, baik bagi mangrove maupun biota akuatik di sekitarnya.

Dibanding dengan dua ekosistem sebelumnya, kasus polusi sampah laut pada ekosistem lamun di wilayah Indonesia masih jarang diungkap. Umumnya sampah plastik di ekosistem lamun membawa

dampak bagi biota lain yang berasosiasi dengan tumbuhan lamun. Sebaran sampah plastik dapat mengurangi intensitas cahaya yang diterima lamun serta berdampak pada proses fotosintesis. Sebuah penelitian dari Lestari et al. (2021) melaporkan adanya polusi sampah laut dari jenis plastik di ekosistem lamun Pulau Panjang, Jawa Tengah. Sebanyak 93 partikel mikroplastik ditemukan dari tujuh titik sampling dengan komposisi fragmen sebesar 54,83%, fiber 36,56%, dan film 8,6%. Keberadaan mikroplastik di ekosistem lamun akan meningkatkan peluang kontaminasi terhadap biota akuatik yang berasosiasi dengan padang lamun, terutama biota akuatik yang bersifat herbivora. Hasil penelitian Remy et al. (2015) melaporkan adanya keberadaan mikroplastik di saluran pencernaan makrofauna yang hidup di ekosistem lamun. Selain menjadi ancaman bagi konservasi, polusi sampah laut juga berdampak pada degradasi habitat dan berkurangnya fungsi ekosistem. Akumulasi sampah menghambat pertukaran gas pada sedimen yang menyebabkan berkurangnya oksigen dalam sedimen (Derraik, 2002).

Menurut Kiessling et al. (2015), sampah di laut mempercepat invasi spesies asing (*invasive species*) yang berpotensi terbawa ke ekosistem lain. Meskipun kasusnya masih jarang ditemukan, beberapa ilmuwan meyakini adanya potensi instruksi spesies invasif akibat dari sampah laut (Barnes & Milner, 2005; De Tender et al., 2015; Gregory, 2009; Galgani et al., 2015). Masuknya spesies asing akan menjadi pendorong utama perubahan ekologis yang mengancam keanekaragaman hayati. Hasil penelitian Umar et al. (2013) melaporkan bahwa spesies invasif cenderung memangsa spesies asli yang berukuran kecil/*smaller prey*.

Beberapa dampak dari intruksi spesies invasif telah dirangkum oleh Kiessling (2015) meliputi 1) perubahan fisik habitat yang berakibat pada hilangnya habitat asli; 2) perubahan sifat kimiawi perairan, meliputi perubahan konsentrasi mineral dan turbiditas; 3) penurunan keragaman spesies asli serta perubahan interaksi struktur trofik; 4) menurunnya populasi spesies asli karena kompetisi makanan dan serangan patogen yang terbawa oleh spesies invasif; dan (5) hilangnya pembawaan genetik karena proses hibridisasi dan introgesi.

## 2. Dampak terhadap Organisme Ikan

Kontaminasi mikroplastik dilaporkan telah mengganggu kesehatan dan pertumbuhan ikan hingga menyebabkan kematian. Kontaminasi mikroplastik telah mengurangi kemampuan berburu makanan dan mengganggu proses metabolisme ikan melalui penipisan glikogen dan perubahan ekspresi gen (de Sá et al., 2015; Rochman et al., 2013). Gangguan pertumbuhan pada ikan yang terkontaminasi mikroplastik muncul akibat perubahan alokasi energi bagi pertumbuhan menjadi peruntukan lainnya, seperti mengatasi peradangan (Von Moos et al., 2012), gangguan sistem endokrin (Rochman et al., 2015), penyesuaian fungsi hati, dan penyerapan makanan (Lu et al., 2016; Rochman et al., 2013). Sebuah penelitian yang dilakukan oleh Naidoo dan Glassom (2019) berhasil melihat adanya keterlambatan pertumbuhan panjang yang signifikan pada *glassfish* (*Ambassis dussumieri*) setelah terpapar mikroplastik selama 3 bulan. Di bidang reproduksi, kontaminasi mikroplastik pada tiram (*Crassostrea gigas*) dilaporkan telah berdampak negatif terhadap proses gametogenesis, kualitas gamet dan oosit, fekunditas, produksi telur, serta kecepatan berenang sperma (Sussarellu et al., 2016).

Sampah laut berpotensi dikonsumsi dan menjerat biota-biota laut dilindungi, seperti penyu, dugong, lumba-lumba, dan paus. Biota tersebut tidak sengaja mengonsumsi sampah laut, terutama sampah plastik dikarenakan bentuknya yang dianggap menyerupai makanannya. Konsumsi sampah laut pada lebih dari 111 spesies burung laut, 31 spesies mamalia laut, dan 26 spesies Cetacea telah dilaporkan di berbagai lokasi (Allsopp et al., 2006). Konsumsi sampah laut terutama plastik dapat menimbulkan luka dan ulserasi pada saluran pencernaan, seperti infeksi, penyumbatan mekanis, berkurangnya kapasitas reproduksi, serta malnutrisi akibat rasa kenyang palsu (Derraik, 2002; Gregory, 2009; OSPAR, 2009). Sampah laut terutama yang berasal dari alat tangkap dapat menjerat hewan-hewan laut. Sejauh ini, lebih dari 130 spesies hewan laut di Eropa termasuk 6 spesies penyu, 51 spesies burung laut, dan 32 spesies mamalia laut tercatat telah terkena jeratan jaring (Ten Brink et al.,

2009). Di Indonesia, contoh kasus terkait fenomena tersebut adalah ditemukannya ikan paus mati dengan perut berisi 5,9 kg sampah plastik di Wakatobi (Wismabrata, 2018).

### **3. Dampak terhadap Hasil Tangkapan dan Konflik Pengelolaan**

Polusi sampah laut ikut memberikan dampak penurunan hasil tangkapan yang diikuti dengan dampak ekonomi lainnya. Penurunan hasil tangkapan akibat polusi sampah laut telah dilaporkan di beberapa wilayah Indonesia, di antaranya di Kuala Langsa, Aceh (Fauzi et al., 2022) dan Jakarta (Sagita et al., 2022). Hasil penelitian Sagita et al. (2022) melaporkan adanya penurunan hasil tangkapan di tahun 2019–2022 pada nelayan 10 GT sebesar 8,9% (dari 1.119 kg menjadi 1.013 kg) akibat polusi sampah plastik. Di samping itu, polusi sampah laut telah mengakibatkan nelayan harus mencari lokasi penangkapan alternatif yang bebas dari sampah yang lebih jauh dari lokasi sebelumnya. Hal ini berdampak pada meningkatnya biaya produksi penangkapan ikan. Polusi sampah juga mengakibatkan kerusakan baling-baling kapal yang ikut berdampak pada meningkatnya biaya perawatan.

Selain meningkatkan biaya pemeliharaan, hal ini juga ikut menurunkan probabilitas untuk mendapatkan hasil tangkapan yang tinggi. Hasil penelitian Fauzi et al. (2022) melaporkan adanya penurunan nilai ekonomis di Kuala Langsa akibat polusi sampah, dari Rp657.563.000,00 pada tahun 2017 menjadi Rp603.305.000,00 pada tahun 2021 (Fauzi et al., 2022). Sementara itu, penurunan nilai hasil tangkapan akibat polusi sampah sebesar 38% atau dari Rp2.001.500,00 per trip menjadi Rp1.297.611,90 per trip terjadi pada nelayan 0 GT di Jakarta (Sagita et al., 2022).

Berkurangnya hasil tangkapan akibat sampah laut berpotensi menimbulkan konflik antarnelayan. Satria (2002) mengungkapkan, ada empat jenis konflik yang mungkin terjadi antar nelayan akibat penurunan hasil tangkapan, yaitu sebagai berikut.

- 1) Konflik kelas, yaitu konflik yang terjadi antarnelayan dari lintas kelas sosial untuk memperebutkan wilayah penangkapan yang masih potensial.
- 2) Konflik orientasi, yaitu konflik antarnelayan terkait cara memanfaatkan sumber daya. Hasil tangkapan yang berkurang akan memicu nelayan menggunakan alat tangkap ikan tidak ramah lingkungan sebagai upaya meningkatkan kembali hasil tangkapannya. Hal ini akan memicu konflik dengan nelayan yang masih menggunakan alat tangkap ikan ramah lingkungan.
- 3) Konflik agraria, yaitu konflik perebutan kekuasaan yang bisa terjadi baik antarkelas maupun interkelas nelayan. Akibat penurunan hasil tangkapan, sebagian nelayan akan memulai mencari jenis pekerjaan lain sebagai penopang hidup. Jika tidak mampu dikelola dengan baik, hal ini akan berpotensi menciptakan konflik dengan pihak eksternal lainnya, seperti pedagang ikan, pembudidaya ikan, dan industri pengolahan.
- 4) Konflik primordial, yaitu konflik yang berkaitan dengan identitas, etnik, asal daerah, dan sebagainya yang juga dapat dipicu oleh penurunan hasil tangkapan dan pendapatan dari melaut.

Menurunnya hasil tangkapan nelayan di suatu kawasan laut akibat polusi sampah plastik akan membuat nelayan mencari daerah penangkapan ikan lainnya yang sangat mungkin mengakibatkan konflik dengan nelayan yang sudah melakukan aktivitas penangkapan ikan di kawasan tersebut sebelumnya. Hal tersebut pernah dilaporkan terjadi di Kecamatan Tombariri melalui penelitian oleh Zalukhu et al. (2017). Di samping itu, menurunnya pendapatan nelayan akan memaksa mereka untuk mencari alternatif pekerjaan demi memenuhi kebutuhan sehari-harinya (*survival strategy*). Dari sudut pandang pengelolaan perikanan, menurunnya minat masyarakat untuk menjadi nelayan disebabkan kurangnya pendapatan dan kesejahteraan yang diperoleh merupakan suatu ancaman terhadap produktivitas

perikanan di masa mendatang. Ditambah lagi, tidak sedikit nelayan yang mengambil jalan pintas dalam memperoleh pendapatan seperti melalui jalur kriminalitas. Sejauh ini banyak laporan kriminalitas yang dilakukan nelayan dengan motif tidak mampu mendapatkan pendapatan yang layak dari aktivitas penangkapan ikan.

Persebaran sampah laut juga berdampak pada perubahan sikap dan karakter nelayan. Sebagai contoh, banyaknya kasus dugong mati akibat terikat dengan sampah laut membuat nelayan terpaksa untuk memutilasi dugong sebagai upaya untuk menyembunyikan bangkai tersebut. Perilaku ini didasari oleh aturan yang menyatakan bahwa jika nelayan ditemukan telah menangkap dugong atau manate, mereka akan didenda berdasarkan sejumlah undang-undang perlindungan spesies dan usaha mereka akan ditutup atau disuruh pindah ke lokasi baru, yang semuanya merupakan risiko kehilangan waktu dan uang (Owen et al., 2017)

#### **4. Dampak terhadap Kesehatan Pengonsumsi Ikan**

Beredarnya informasi terkait hasil tangkapan ikan konsumsi yang mengandung mikroplastik dan potensi bahayanya bagi kesehatan manusia ikut menimbulkan perasaan waswas di kalangan pembeli yang berdampak pada menurunnya tingkat penjualan dan konsumsi ikan. Seorang warga di kota Maluku menemukan plastik dengan panjang 18 cm dan lebar 2 cm dalam saluran pencernaan ikan cakalang. Hal ini kemudian menjadi viral serta menimbulkan kecemasan di kalangan masyarakat untuk mengonsumsi ikan dari laut sekitar (Herin, 2021)

Sampah laut berbahan plastik akan terdegradasi menjadi ukuran lebih kecil yang kemudian lebih dikenal sebagai mikroplastik dan nanoplastik. Peristiwa penguraian ini dapat terjadi baik secara fisik, kimia, maupun biologi. Mikroplastik dan nanoplastik akan mengontaminasi biota akuatik, terutama melalui sistem rantai makanan. Bahkan beberapa jenis ikan konsumsi di Indonesia telah dilaporkan terkontaminasi mikroplastik, di antaranya Bawis (*Siganus canaliculatus*) sebanyak 57 partikel/individu, ikan lemuru protolan



(*Sardinella lemuru*) sebanyak 15 partikel/individu, ikan kakap merah (*Lutjanus malabaricus*) sebanyak 7,86 partikel/individu, dan ikan kakap (*Lutjanus gibbus*) sebanyak 4,46 partikel/individu (Yudhantari et al., 2019; Panjaitan et al., 2021)

Konsumsi pangan yang mengandung mikroplastik dapat membawa efek negatif bagi kesehatan manusia. Mikroplastik yang terdistribusi ke jaringan tubuh manusia berpotensi menyebabkan toksisitas imun dan memicu efek samping berupa inflamasi abnormal (Wright & Kelly, 2017) serta sitotoksik tingkat sel (Schirinzi et al., 2016). Paparan kronis mikroplastik berpotensi menyebabkan ketidakstabilan genomik yang menjadi penyebab timbulnya kanker. Beberapa zat berbahaya seperti eter difenil polibromasi (PBDE), bisphenol A (BPA), nonilfenol (NP), dan oktilfenol (OP) ikut dilaporkan terkandung dalam mikroplastik. Mikroplastik di lautan juga disebut mampu mengakumulasi polutan organik persisten (POP), bifenil poliklorinasi (PCB), dan hidrokarbon aromatik polisiklik (PAH) yang apabila dikonsumsi akan menyebabkan gangguan endokrin, masalah reproduksi, kanker, penyakit kardiovaskular, obesitas, dan diabetes (Albergini et al., 2023). Disamping itu, biota laut yang terkontaminasi mikroplastik cenderung lebih rentan terserang bakteri patogen seperti *Vibrio* spp. *Escherichia coli*, *Stenotrophomonas maltophilia*, *Bacillus cereus*, dan *Aeromonas* yang apabila dikonsumsi oleh manusia bisa menimbulkan berbagai penyakit pencernaan *salmonicida* (Virsek et al., 2017).

Sejauh ini, kontaminasi mikroplastik pada darah manusia telah dilaporkan terjadi di beberapa negara (Çobanoğlu et al., 2021). Leslie et al. (2022) juga mengungkap sebanyak 77% darah pendonor di Belanda telah terkontaminasi mikroplastik. Pola konsentrasi dan jenis mikroplastik yang ditemukan bervariasi antarsampel. Konsentrasi tertinggi adalah *polyethylene terephthalate* (PET) yaitu sebanyak 50% dari total donor yang diuji, diikuti oleh *polystyrene* (PS) sebanyak 36%, *polietilena* (PE) sebanyak 23%, dan *polymethyl methacrylate* (PMMA) sebanyak 5%. Wick et al. (2010) ikut melaporkan ditemukannya mikroplastik jenis polistirena berukuran 50, 80, dan 240 nm pada

plasenta manusia. Amato-Lourenco (2021) menemukan sebanyak 39 partikel mikroplastik dengan ukuran 3 mikrometer pada 11 dari 13 sampel jaringan paru-paru manusia.

## **5. Dampak terhadap Pariwisata Pesisir**

Sampah laut berpotensi terbawa arus ke daerah pesisir pantai dan mengganggu pengelolaan kawasan wisata pantai dan pesisir. Sampah yang bertebaran akan mengurangi estetika kawasan wisata dan berpotensi mengurangi minat wisatawan. Sebuah penelitian yang dilakukan di Korea menunjukkan penurunan jumlah wisatawan sebesar 13% pada tahun 2011 dibandingkan tahun 2010 yang diduga terjadi akibat adanya polusi sampah di kawasan wisata pesisir (Jang et al., 2014). Hilangnya wisatawan berdampak signifikan pada ekonomi masyarakat pesisir, terutama mereka yang mendapatkan penghasilan dari aktivitas berjualan di sekitar pantai atau penyedia jasa angkutan bagi para wisatawan. Hasil penelitian Attamimi et al. (2015) mengungkapkan adanya penurunan tingkat pendapatan masyarakat di sekitar Pantai Kuta, Bali akibat polusi sampah. Di sisi lain, keberadaan sampah dapat mengurungkan minat investor untuk berinvestasi pada sektor pariwisata kawasan pesisir.

Penanganan sampah dengan cara yang salah juga berpotensi menimbulkan dampak negatif turunan bagi lingkungan dan masyarakat pesisir. Sejauh ini, penanganan terhadap sampah dilakukan melalui pembakaran sehingga berpotensi menimbulkan polusi udara dan gangguan pernapasan. Pembakaran sampah terutama jenis plastik akan menghasilkan polutan beracun seperti karbon monoksida, formalsida, arsenik, dan lainnya. Potensi gangguan kesehatan yang muncul meliputi batuk, mata merah, hidung perih, dan sakit kepala. Paparan dalam jangka panjang ikut berisiko menyebabkan jenis kanker, gangguan pada sistem kekebalan tubuh, serta gangguan reproduksi.

## **E. Strategi Penanganan Sampah Laut dari Aktivitas Penangkapan Ikan**

Untuk mewujudkan visi laut yang bebas dari sampah, termasuk sampah dari aktivitas penangkapan ikan, semua pihak harus saling bersinergi dan bekerja sama mencari dan mengaplikasikan berbagai strategi baik yang bersifat preventif maupun responsif. Tanpa strategi penanganan yang efektif, diperkirakan jumlah sampah laut di tahun 2025 mencapai 170 juta ton (Astuti, 2016). Penerapan strategi tersebut seyogianya datang dari berbagai pendekatan seperti edukasi, regulasi dan penegakan hukum, bioteknologi dan inovasi, serta program bersih laut.

### **1. Edukasi**

Edukasi merupakan langkah awal yang dapat diterapkan sebagai bagian dari strategi preventif untuk mengurangi polusi sampah laut dari aktivitas penangkapan ikan. Hal ini mengingat masih banyaknya nelayan yang belum memiliki kesadaran dan pengetahuan terkait dampak negatif dari membuang sampah ke laut. Edukasi juga perlu diberikan kepada pihak terkait lainnya, seperti pemerintah setempat, pengelola pelabuhan, dan pemangku adat, sebagai landasan untuk perumusan kebijakan terkait pengelolaan sampah dari aktivitas penangkapan ikan.

Materi edukasi dapat berupa dampak negatif dari pembuangan sampah ke laut, regulasi terkait pengelolaan sampah, upaya mereduksi sampah saat melakukan aktivitas penangkapan ikan, serta pemanfaatan kembali sampah sebagai produksi bernilai ekonomis. Materi sosialisasi dapat disampaikan melalui diskusi langsung dua arah, pembuatan brosur dan spanduk, serta penyuluhan secara personal kepada setiap pemilik kapal dan nakhoda.

Edukasi pengelolaan sampah kepada nelayan telah dilakukan di beberapa wilayah di Indonesia, seperti di Pulau Lepar, Bangka Belitung (Dinata, 2015); di Pelabuhan Tanjung Tiram, Sumatra Utara (Ginting et al., 2022); dan Kota Ambon, Maluku (Tuahatu et al., 2022).

Sebagai contoh, pada tahun 2015 dilakukan edukasi pengelolaan sampah kepada 50 nelayan di Pulau Lepar, Bangka Belitung, oleh tim kuliah kerja nyata (KKN) tematik Universitas Bangka Belitung. Kegiatan ini dilatarbelakangi oleh banyak ditemukannya sampah di ekosistem terumbu karang Pantai Tanjung Labu, Pulau Lepar. Materi yang disampaikan meliputi pengelolaan sampah dan dampak sampah terhadap lingkungan dan kesehatan (Dinata, 2015). Evaluasi yang dilakukan terhadap kegiatan edukasi tersebut menunjukkan adanya perubahan pengetahuan terkait dampak negatif dari polusi sampah laut dan meningkatnya kesadaran nelayan untuk tidak membuang sampah dilaut. Di samping itu, keterampilan nelayan dalam mengurangi sampah saat melakukan aktivitas penangkapan ikan juga ikut meningkat.

## **2. Regulasi dan Penegakan Hukum**

Penetapan regulasi dan penegakan hukum dapat dijadikan salah satu strategi preventif dan responsif untuk mengurangi polusi sampah laut. Sejauh ini beberapa regulasi mulai dari tingkat pusat hingga daerah telah dibentuk dalam rangka pengelolaan sampah di Indonesia. Pemerintah Indonesia juga telah membuat rencana aksi nasional untuk memberikan arahan strategis bagi kementerian, masyarakat, dan dunia usaha dalam rangka percepatan penanganan sampah laut hingga tahun 2025. Pada tahun 2018 telah dikeluarkan Peraturan Presiden No. 83 Tentang Pengelolaan Sampah Laut yang memuat rencana aksi nasional melalui beberapa strategi, meliputi

- 1) gerakan nasional peningkatan kesadaran para pemangku kepentingan,
- 2) pengelolaan sampah yang bersumber dari darat,
- 3) penanggulangan sampah di pesisir dan laut,
- 4) mekanisme pendanaan, penguatan kelembagaan, pengawasan, dan penegakan hukum, dan
- 5) penelitian dan pengembangan.

Beberapa daerah ikut mengeluarkan regulasi terkait pengelolaan sampah laut seperti Peraturan Daerah Kabupaten Kulon Progo Nomor 1 Tahun 2013 tentang Penyelenggaraan Pengelolaan Sampah Rumah Tangga dan Sampah Sejenis Sampah Rumah Tangga, Peraturan Daerah Provinsi Nusa Tenggara Barat Nomor 5 Tahun 2019 tentang Pengelolaan Sampah, dan Peraturan Daerah Kabupaten Penajam Paser Utara Nomor 4 Tahun 2021 tentang Pengelolaan Sampah. Beberapa strategi yang muncul dalam regulasi tersebut meliputi koordinasi dan kerja sama dengan pemerintah pusat, perangkat daerah provinsi, pemerintah kabupaten/kota, dan pihak ketiga.

Regulasi di tingkat adat terkait pengelolaan sampah, termasuk sampah laut telah diberlakukan di beberapa kawasan seperti di Kepulauan Kei, Maluku (Nirahua & Matitaputty, 2022); Banjar Tempekan, Bali (Utami & Pramana, 2023); dan Kedongan Bali (Widyastini & Dharmawan, 2013). Sebagai contoh, Pasal 49 Peraturan Adat Tanimbar Kei menyebutkan bahwa kapal atau perahu yang melintas di daerah perairan Tanimbar Kei dilarang membuang sampah di laut. Adapun sanksi-sanksi yang diberikan jika melanggar peraturan yang telah ditetapkan bervariasi antarwilayah adat. Sanksi adat yang diberikan kepada pelanggar di Banjar Tempekan Bali berupa denda sebesar Rp1.000.000/kasus. Sementara itu, pelanggar di Kepulauan Kei, Maluku, akan didenda sebesar Rp10.000/kasus. Walaupun demikian, sejauh ini informasi terkait implementasi penerapan peraturan daerah dan adat kepada nelayan atau masyarakat yang membuat sampah ke laut masih belum dijumpai. Tantangan yang dihadapi bisa saja karena kurangnya patroli yang dilakukan oleh pihak berwenang dan/atau ketidakberanian dari nelayan untuk memberikan laporan jika ditemukannya kasus pembuangan sampah di laut.

### **3. Bioteknologi dan Inovasi**

Upaya mereduksi sampah saat melakukan aktivitas penangkapan ikan dapat dilakukan melalui beberapa kegiatan, seperti

- 1) mengurangi penggunaan barang-barang berbahan dasar plastik sekali pakai (contohnya kantong pembungkus makanan dan air kemasan yang berbentuk botol dan gelas);
- 2) beralih untuk penggunaan barang plastik sekali pakai dengan menggunakan tas jinjing atau wadah penyimpanan lainnya yang dapat dipakai berulang kali;
- 3) menyediakan tempat pembuangan sampah sementara di atas kapal yang berpotensi menghasilkan sampah, biasanya berasal dari dapur, ruang makan, kamar mandi, dan ruang terbuka sehingga penempatan sampah di tempat-tempat ini sangat disarankan;
- 4) melakukan pemilahan terhadap sampah organik dan anorganik;
- 5) menggunakan wadah air berbentuk galon menggantikan air minum dalam kemasan berbentuk botol dan gelas plastik sekali pakai.

Strategi berikutnya terkait penanganan sampah laut dari aktivitas penangkapan ikan dapat menggunakan pendekatan teknologi dan inovasi. Sayangnya, pendekatan teknologi dan inovasi untuk menanggulangi polusi sampah laut masih belum cukup berkembang di Indonesia, tetapi sebaliknya, cukup berkembang pesat di negara-negara maju. Hal ini dapat diakibatkan karena masih kurangnya anggaran riset dan pengembangan terkait penanganan sampah laut ini di Indonesia. Beberapa bentuk teknologi yang dapat diadopsi untuk pengelolaan sampah laut, antara lain, aplikasi GPS untuk mendeteksi jaring yang hanyut, pengelolaan sampah melalui pendirian bank sampah disertai adanya konversi sampah menjadi produk bernilai ekonomis, pengembangan alat tangkap ikan yang dapat terurai dengan cepat, serta pemanfaatan aplikasi modelling untuk memprediksi pergerakan sampah laut.

Fenomena *ghost fishing* terjadi akibat banyaknya alat penangkap ikan, terutama berbentuk jaring, yang hanyut baik secara tidak sengaja maupun sengaja dibuang ke laut saat aktivitas penangkapan ikan. Jaring yang hanyut secara tidak sengaja akan terbawa arus dan cenderung sulit

untuk ditemukan kembali. Di sisi lain, informasi terkait kepemilikan terhadap jaring hanyut yang ditemukan juga sulit untuk diidentifikasi. Salah satu upaya preventif dalam rangka memudahkan penemuan jaring yang hanyut dan identifikasi kepemilikan adalah dengan pemberian tanda pengenal (*gear marking*) dan penanda posisi (*global positioning system*) pada setiap alat penangkapan ikan, terutama yang berpotensi menimbulkan *ghost fishing* dalam skala masif. Pemberian dapat berupa nomor identitas atau *barcode* yang akan memuat identitas kepemilikan pemilik jaring dan nama kapal (Gambar 16.5). Dengan demikian, proses pembuktian sebagai rangkaian proses pemberian sanksi jika terjadi pelanggaran pembuangan alat tangkap secara sengaja ke laut cenderung lebih mudah dilakukan. Sementara itu, aplikasi penanda posisi (*global positioning system*) pada setiap alat penangkapan ikan akan memudahkan nelayan dan pihak terkait untuk melacak keberadaannya apabila hanyut secara tidak sengaja.

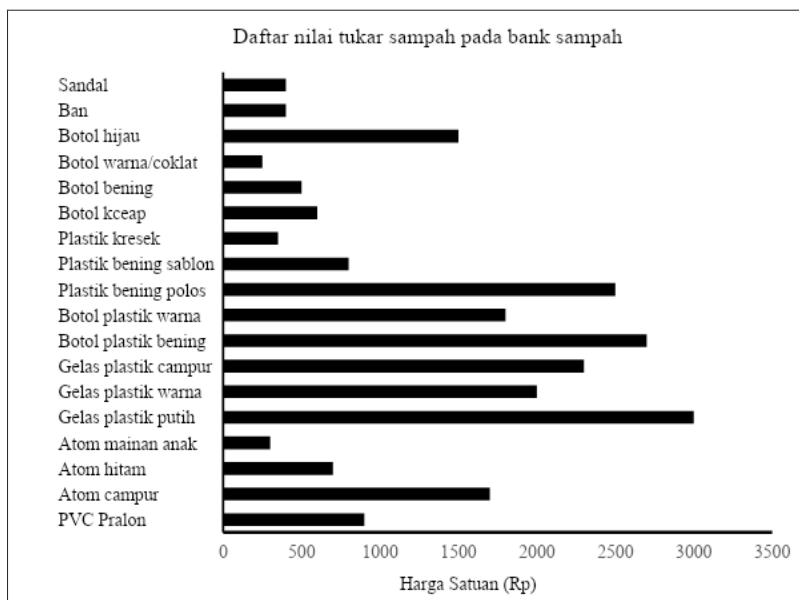


Sumber: Food and Agriculture Organization (2023)

**Gambar 16.5** Contoh Pemberian *Barcode* pada Jaring Penangkap Ikan

Inovasi lainnya yang dapat diaplikasikan adalah melalui pendirian bank sampah di sekitar pelabuhan perikanan. Pendirian bank sampah akan merangsang nelayan untuk membawa pulang sampah dari

aktivitas penangkapan ikan ke pelabuhan untuk dapat diuangkan pada bank sampah. Dengan demikian, selain mampu mereduksi polusi sampah di laut, pendapatan nelayan juga akan ikut bertambah. Pendirian bank sampah sebagai strategi mengurangi polusi sampah dan meningkatkan pendapatan masyarakat telah diaplikasikan di beberapa desa nelayan, seperti Desa Pelabuhan Ratu, Jawa Barat (Samadikun et al., 2017), Desa Gunung Anyar, Surabaya (Ramdhani & Rahaju, 2022), dan Desa Muara Gembong, Bekasi (Iriani & Ramadhan, 2021). Contoh nilai tukar beberapa jenis sampah di Desa Margasari, Lampung Timur, disajikan pada Gambar 16.6. Sayangnya, sejauh ini informasi terkait nilai tukar sampah yang berhubungan dengan alat penangkap ikan masih belum dilaporkan.



Sumber: Wardany et al. (2020)

**Gambar 16.6** Daftar Nilai Tukar Sampah pada Bank Sampah yang Ada di Desa Margasari, Lampung Timur



Operasional bank sampah juga sebaiknya terintegrasi dengan produk bernilai ekonomis dari sampah-sampah yang telah dikumpulkan. Jika mampu dikembangkan dengan baik, hal ini akan menciptakan lapangan kerja baru bagi masyarakat di sekitar kampung nelayan, terutama kaum perempuan. Beberapa desa di Indonesia telah berhasil memproduksi dan memasarkan produk berbahan dasar sampah, seperti tas, dompet, keranjang, serta aksesoris sehingga berhasil meningkatkan kesejahteraan warganya. Hasil penelitian Ramdhani dan Rahaju (2022) melaporkan bahwa adanya bank sampah di Desa Gunung Anyar Tambak, Kota Surabaya, telah mampu menambah pendapatan nelayan sekitar. Dalam industri skala besar, melalui daur ulang mekanis, sampah berbahan plastik telah dimanfaatkan kembali sebagai bahan baku utama berbagai produk, seperti aksesoris, pakaian olahraga, dan karpet lantai (Charter, 2018). Pirolisis dari sampah plastik juga berpotensi dimanfaatkan sebagai bahan bakar alternatif (Aguado et al., 2006; Blazsó, 2006; Buekens & Huang, 1998). Sejumlah peneliti telah melaporkan keberhasilan mengubah sampah plastik menjadi bahan bakar alternatif yang dapat digunakan untuk sejumlah keperluan, seperti bahan bakar kendaraan dan keperluan rumah tangga (Nofendri & Haryanto, 2021; Oktora et al., 2019; Surono & Ismanto, 2016; Wajdi et al., 2020; Yani, 2021).

Pengembangan bahan penyusun alat penangkapan ikan ramah lingkungan juga mulai dikembangkan di beberapa negara sebagai upaya untuk mempercepat laju degradasi alat tangkap ikan yang hanyut. Sebagai contoh, The National Fisheries Research & Development Institute (NFRDI), sebuah lembaga penelitian di Korea Selatan, telah mengembangkan alat tangkap *biodegradable* yang terbuat dari *polybutylene succinate* yang dapat selesai degradasi total dengan waktu tidak lebih dari 7 tahun. Bandingkan dengan bahan nilon penyusun jaring konvensional yang bisa bertahan lebih dari 500 tahun.

Keberadaan sampah di laut cenderung berpindah-pindah mengikuti pergerakan arus, bahkan beberapa sampah laut yang bersumber dari negara lain ikut masuk mencemari laut Indonesia

akibat dibawa oleh arus. Oleh karena itu, prediksi pemetaan pergerakan sampah di laut sangat diperlukan untuk mengantisipasi masuknya sampah laut dari negara lain. Di samping itu, prediksi pemetaan ini juga penting dikembangkan bagi daerah-daerah pesisir dalam merespons kiriman sampah dari perairan laut lainnya. Pendekatan model numerik berdasarkan simulasi pergerakan partikel merupakan salah satu model yang telah dikembangkan untuk memprediksi pergerakan sampah di masa yang akan datang. Pendekatan ini telah mampu memprediksi pergerakan sampah laut yang ada di Teluk Banten hingga tahun 2028 sehingga dapat dijadikan landasan ilmiah dalam pengambilan kebijakan reduksi sampah laut bagi pemerintah setempat (Wisha et al., 2022).

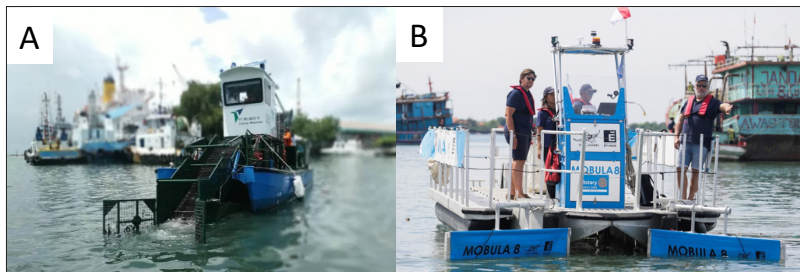
#### **4. Program Bersih Laut**

Strategi lainnya yang dapat dipertimbangkan untuk mempercepat reduksi sampah laut adalah dengan menggalakkan program bersih laut (*clean up*). Program bersih laut dari sampah dapat dilakukan dengan menggunakan kapal khusus yang bertugas mengambil sampah di laut, atau memberikan insentif terhadap kapal penangkap ikan yang mengoleksi sampah dari laut. Kegiatan bersih sampah laut juga dapat dilakukan dengan berkolaborasi dengan pihak-pihak lain, seperti perguruan tinggi, perusahaan, dan lembaga swadaya masyarakat. Sejauh ini aktivitas bersih sampah di laut telah dilaporkan di beberapa kawasan di Indonesia, seperti Kawasan Mangrove Bali (Kementerian Lingkungan Hidup Kehutanan, 2022), Wonorejo Jawa Timur (Kusnanto, 2021), Palu Sulawesi Tengah (Sukardi, 2021), Muara Angke Jakarta Utara (Kementerian Lingkungan Hidup Kehutanan, 2020), dan Kepulauan Seribu Jakarta (Megapolitan, 2023). Pembersihan sampah yang menempel pada terumbu karang dan lamun dapat dilakukan melalui penyelaman. Sementara itu, pada ekosistem mangrove dapat dilakukan dengan pengutipan langsung.

Mengingat tingginya jumlah sampah di laut, pemerintah Indonesia juga harus mulai meningkatkan pengadaan kapal khusus

yang bertugas membersihkan sampah laut. Kapal ini dilengkapi dengan teknologi yang mampu mendeteksi keberadaan sampah dan menarik/menyedot sampah dalam jumlah besar dan melakukan pemilahan sampah. Saat ini, beberapa daerah di Indonesia telah mengoperasikan kapal pembersih sampah laut seperti perairan Makassar, Bali, Labuan Bajo, Nusa Tenggara Timur dan Papua Barat (Mawangi, 2023).

Kapal Motor Skimmer merupakan kapal khusus pengangkut sampah yang dikelola oleh Pelindo Wilayah IV (Gambar 16.7A). Kapal ini bertugas mengumpulkan sampah laut yang mengapung perairan sekitar wilayah Pelabuhan Makassar yakni di Dermaga Hatta Ujung, Dermaga Hasanuddin, Dermaga Soekarno dan Pelabuhan Paotere Makassar (Fatir, 2020). Kapal ini beroperasi setiap hari dan dapat mengangkut sampah 3–5 ton. Kapal sampah ini menggunakan tenaga mesin saat mengisap sampah dan mengangkatnya menggunakan sistem eskalator untuk ditampung di atas kapal. Sampah yang sudah terkumpul kemudian bila dibawa menuju dermaga untuk dipindahkan ke mobil truk sampah dan dibuang ke tempat pembuangan akhir.



Keterangan: (A) Kapal pengangkut sampah Skimmer. (B) Kapal pengangkut sampah Mobula 8.

Sumber: Mawangi (2023); Fatir (2020)

**Gambar 16.7** Kapal Pengangkut Sampah

Kapal pengangkut sampah lainnya, yaitu Mobula 8, beroperasi di sekitar perairan Tanjung Benoa dan perairan di sekitar Jalan Tol Laut Bali Mandara Bali (Gambar 16.7B). Kapal ini lahir sebagai

implementasi kerja sama antara pemerintah Indonesia dengan lembaga nonprofit asal Prancis SeaCleaners. Kapal Mobula 8 beroperasi selama tujuh jam/hari selama 5 hari dalam seminggu. Mobula 8 dilaporkan dapat mengangkut sampah laut seluas 15.000 meter persegi dalam sekali aktivitas. Faktor-faktor berikut harus dipertimbangkan dalam pengoperasian kapal pengangkut sampah, yaitu (1) karakteristik pencemaran di kawasan pelabuhan, (2) jenis sampah yang terapung di kawasan pelabuhan, (3) kondisi hidrometeorologi di pelabuhan, (4) karakteristik alat dan metode pengoperasian kapal, dan (5) langkah-langkah keamanan pada area pengoperasian kapal.

## **E. Penutup**

Melalui program rencana aksi pengurangan sampah laut 2018–2025, pemerintah Indonesia menargetkan untuk mengurangi jumlah sampah laut terutama sampah plastik hingga 75%. Namun, sayangnya, pengelolaan sumber sampah laut yang berasal dari aktivitas penangkapan ikan masih belum optimal. Tingginya jumlah unit penangkapan ikan yang beroperasi di perairan Indonesia berpotensi menghasilkan sampah laut dalam jumlah yang besar. Komposisi sampah dari aktivitas penangkapan ikan di dominasi oleh botol plastik dan bungkus makanan, serta bungkus rokok. Variasi dalam jumlah dan jenis sampah plastik pada unit penangkapan ikan dipengaruhi oleh jenis alat tangkap, jumlah anak buah kapal, lama melaut, jarak melaut dan jumlah trip melaut dalam periode tertentu.

Dampak yang ditimbulkan dari polusi sampah laut dapat berupa dampak ekologis, dampak ekonomis, dampak sosial-budaya dan dampak kesehatan. Strategi penanganan polusi sampah laut dari aktivitas penangkapan ikan dapat dilakukan melalui edukasi, penguatan regulasi dan penegakan hukum, introduksi teknologi dan inovasi, serta pembersihan lingkungan laut. Sejumlah rekomendasi program penanganan sampah laut dari aktivitas penangkapan ikan yang dapat diterapkan meliputi pelatihan peningkatan kapasitas nelayan, penyusunan kebijakan hukum terkait pengelolaan sampah

laut, kolaborasi inovasi dan teknologi dengan badan riset terkait pengelolaan sampah laut, serta agenda rutin bersih lingkungan laut dari sampah.

## Daftar Pustaka

- Alberghini, L., Truant, A., Santonicola, S., Colavita, G., & Giaccone, V. (2023). Microplastics in fish and fishery products and risks for human health: A review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 20(1), 789.
- Allsopp, M., Walters, A., Santillo, D., & Johnston, P. (2006). *Plastic debris in the world's oceans*. Greenpeace International.
- Amato-Lourenço, L. F., Carvalho-Oliveira, R., Júnior, G. R., dos Santos Galvão, L., Ando, R. A., & Mauad, T. (2021). Presence of airborne microplastics in human lung tissue. *Journal of Hazardous Materials*, 416, 126124. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2021.126124>
- Arianto, M. F. (2020). Potensi wilayah pesisir di negara Indonesia. *Jurnal Geografi*, 10(1), 204–215.
- Arun Kumar, A., Sivakumar, R., Sai Rutwik, Y., Nishanth, T., Revanth, V., & Kumar, S. (2019). Marine debris in India: Quantifying type and abundance of beach litter along Chennai, east coast of India. Dalam *Smart Technologies for Energy, Environment and Sustainable Development: Select Proceedings of ICSTEESD 2018* (217–230). Springer.
- Assuyuti, Y. M., Zikrillah, R. B., Tanzil, M. A., Banata, A., & Utami, P. (2018). Distribusi dan jenis sampah laut serta hubungannya terhadap ekosistem terumbu karang Pulau Pramuka, Panggang, Air, dan Kotok Besar di Kepulauan Seribu Jakarta. *Majalah Ilmiah Biologi Biosfera: A Scientific Journal*, 35(2), 91–102. <https://doi.org/10.20884/1.mib.2018.35.2.707>
- Astuti, A. D. (2016). Penerapan kantong plastik berbayar sebagai upaya mereduksi penggunaan kantong plastik. *Jurnal Litbang*:

- Media Informasi Penelitian, Pengembangan dan IPTEK*, 12(1), 32–40. <https://doi.org/10.33658/jl.v12i1.50>
- Attamimi, A., Purba, N. P., Anggraini, S. R., Harahap, S. A., & Husrin, S. (2015). Investigation of marine debris in Kuta Beach, Bali. Dalam *Proceedings of Environmental Engineering and Water Technology, Integrated Water System and Governance (Malang, East Java, Indonesia)*, C1–7. Universitas Padjadjaran.
- Barnes, D. K., & Milner, P. (2005). Drifting plastic and its consequences for sessile organism dispersal in the Atlantic Ocean. *Marine Biology*, 146, 815–825. <https://doi.org/10.1007/s00227-004-1474-8>
- Blanke, J. M., Steinberg, M. K., & Donlevy, J. P. (2021). A baseline analysis of marine debris on southern islands of Belize. *Marine Pollution Bulletin*, 172, 112916. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2021.112916>
- Badan Pusat Statistik. (2023, 16 Februari). *Produksi dan nilai produksi perikanan tangkap di perairan umum menurut provinsi dan lokasi, 2021*. <https://www.bps.go.id/id/statistics-table/3/UXpkWlNtbHplRzFXYzFSR0x6QjJZbE13VERKQlp6MDkjMw==/produksi-dan-nilai-produksi-perikanan-tangkap-di-perairan-umum-menurut-provinsi-dan-lokasi--2021.html>
- Charter, M. (Ed.). (2018). *Designing for the circular economy*. Routledge.
- Çobanoğlu, H., Belivermiş, M., Sıkdokur, E., Kılıç, Ö., & Çayır, A. (2021). Genotoxic and cytotoxic effects of polyethylene microplastics on human peripheral blood lymphocytes. *Chemosphere*, 272, 129805. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.129805>
- Cordova, M. R., & Nurhati, I. S. (2019). Major sources and monthly variations in the release of land-derived marine debris from the Greater Jakarta area, Indonesia. *Scientific Reports*, 9(1), 18730. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-55065-2>
- Daniel, D. B., Thomas, S. N., & Thomson, K. T. (2020). Assessment of fishing-related plastic debris along the beaches in Kerala Coast, India. *Marine Pollution Bulletin*, 150, 110696. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.110696>

- de Sá, L. C., Luís, L. G., & Guilhermino, L. (2015). Effects of microplastics on juveniles of the common goby (*Pomatoschistus microps*): Confusion with prey, reduction of the predatory performance and efficiency, and possible influence of developmental conditions. *Environmental Pollution*, 196, 359–362. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2014.10.026>
- De Tender, C. A., Devriese, L. I., Haegeman, A., Maes, S., Ruttink, T., & Dawyndt, P. (2015). Bacterial community profiling of plastic litter in the Belgian part of the north sea. *Environmental Science and Technology*, 49, 9629–9638.
- Derraik, J. G. (2002). The pollution of the marine environment by plastic debris: A review. *Marine pollution bulletin*, 44(9), 842–852. [https://doi.org/10.1016/S0025-326X\(02\)00220-5](https://doi.org/10.1016/S0025-326X(02)00220-5)
- Dinata, I. (2015). Pemberdayaan masyarakat Kecamatan Lepar Pongok dalam pengelolaan sampah guna menyongsong destinasi wisata Pulau Lepar. *Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat Universitas Bangka Belitung*, 2(2). <https://doi.org/10.33019/jpu.v2i2.134>
- Edward, J. P., Mathews, G., Raj, K. D., Laju, R. L., Bharath, M. S., Kumar, P. D., & Grimsditch, G. (2020). Marine debris-An Emerging threat to the reef areas of Gulf of Mannar, India. *Marine pollution bulletin*, 151, 110793. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.110793>
- Farias, E. G., Preichardt, P. R., & Dantas, D. V. (2018). Influence of fishing activity over the marine debris composition close to coastal jetty. *Environmental Science and Pollution Research*, 25, 16246–16253. [10.1007/s11356-018-2012-4](https://doi.org/10.1007/s11356-018-2012-4)
- Fatir, M. D. (2020, 5 Februari). *PT Pelindo IV Makassar perkenalkan kapal angkut sampah laut*. Antara News. <https://makassar.antaranews.com/berita/163361/pt-pelindo-iv-makassar-perkenalkan-kapal-angkut-sampah-laut>
- Fauzi, A. A., Rusmana, R., Permana, S. A., Afriandi, A., & Anzani, L. (2022, Desember). Identifikasi pengaruh ancaman sampah terhadap nilai perikanan tangkap daerah ekosistem mangrove

- di Kuala Langsa, Aceh. In *Indonesian Conference of Maritime*. 1(1), 90–95.
- Figueroa-Pico, J., Mero-Del Valle, D., Castillo-Ruperti, R., & Macías-Mayorga, D. (2016). Marine debris: Implications for conservation of rocky reefs in Manabi, Ecuador (Se Pacific Coast). *Marine Pollution Bulletin*, 109(1), 7–13. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2016.05.070>
- Food and Agriculture Organization. (2023, 30 Mei). Voluntary guidelines for the marking of fishing gear. <https://www.fao.org/responsible-fishing/marketing-of-fishing-gear/voluntary-guidelines-marking-fishing-gear/en/>
- Galgani, F., Barnes, D. K. A., Deudero, S., Fossi, M. C., Ghiglione, J. F., Hema, T., Jorrisen, F., Karapanagioti, H. K., Katsanevakis, S., Klasmeier, J., von Moos, N., Pedrotti, M. L., Raddadi, N., Sobral, P., Zambianchi, E., & Briand, F. (2014). Marine litter in the mediterranean and black seas. *Executive Summary. CIESM work. Monogr*, 46, 7–20.
- Galgani, F., Hanke, G., & Maes, T. (2015). Global distribution, composition and abundance of marine litter. *Marine Anthropogenic Litter*, 29–56.
- Ginting, D., Kesuma, N., Sani, I., & Fransiska, E. (2022). Sosialisasi peningkatan pengetahuan masyarakat mengenai pencegahan pencemaran yang bersumber dari sampah kapal di pesisir Pelabuhan Tanjung Tiram. *AMALIAH: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 6(2), 333–337. <https://doi.org/10.32696/ajpkm.v6i2.1673>
- Gregory, M. R. (2009). Environmental implications of plastic debris in marine settings—entanglement, ingestion, smothering, hangers-on, hitch-hiking and alien invasions. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 364(1526), 2013–2025.
- Hayati, Y., Adrianto, L., Krisanti, M., Pranowo, W. S., & Kurniawan, F. (2020). Magnitudes and tourist perception of marine debris on small tourism island: Assessment of Tidung Island, Jakarta,



- Indonesia. *Marine Pollution Bulletin*, 158, 111393. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2020.111393>
- Herin, F. P. (2021, 30 Maret). Sampah plastik di dalam perut ikan cakalang kecil. *Kompas*. <https://www.kompas.id/baca/nusantara/2021/03/30/sampah-plastik-18-sentimeter-dalam-ikan-cakalang-kecil>
- Irawan, F., Novita, Y., & Soeboer, D. A. (2020). Limbah dari aktivitas penangkapan ikan di PPN Palabuhanratu. *Marine Fisheries: Journal of Marine Fisheries Technology and Management*, 11(1), 61–73. <https://doi.org/10.29244/jmf.v11i1.33961>
- Iriani, T., & Ramadhan, A. M. (2021). Pelatihan manajemen bank sampah bagi masyarakat di Kecamatan Muara Gembong. *Jurnal Pengabdian Masyarakat Fakultas Teknik: Jurnal Abditek*, 1(01), 1–10. <https://doi.org/10.21009/ABDITEK.011.01>
- Jambeck, J. R., Geyer, R., Wilcox, C., Siegler, T. R., Perryman, M., Andrady, A., Narayan, R., & Law, K. L., (2015). Plastic waste inputs from land into the ocean. *Science*, 347(6223), 768–771. <https://doi.org/10.1126/science.1260352>
- Jang, Y. C., Hong, S., Lee, J., Lee, M. J., & Shim, W. J. (2014). Estimation of lost tourism revenue in Geoje Island from the 2011 marine debris pollution event in South Korea. *Marine Pollution Bulletin*, 81(1), 49–54. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2014.02.021>
- Jilian. (2017, 11 Juli). Seagrass meadows—critical habitats for juvenile fish and dugongs in the Johor Islands. *Phys org*. <https://phys.org/news/2017-07-seagrass-meadowscritical-habitats-juvenile-fish.html>
- Kementerian Kelautan dan Perikanan. (2021) *Jumlah kapal*. Diakses pada 25 Mei, 2023, dari <https://statistik.kkp.go.id/home.php?m=kapal&i=5#panel-footer-kpda>
- Kementerian Kelautan dan Perikanan. (2022). *KKP perbarui data estimasi potensi ikan, totalnya 12,01 juta ton per tahun*. <https://kkp.go.id/djpt/artikel/39646-kkp-perbarui-data-estimasi-potensi-ikan-totalnya-12-01-juta-ton-per-tahun>

- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. (2020, 16 Januari). Aksi bersih sampah SM Muara Angke Jilid 2. *KSDAE*. <https://ksdae.menlhk.go.id/berita/7487/aksi-bersih-sampah-sm-muara-angke-jilid-2.html>
- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. (2022, 2 Februari). Aksi bersih mangrove bali bersama komunitas dan generasi muda. *MENLHK*. [https://www.menlhk.go.id/site/single\\_post/4628/aksi-bersih-mangrove-bali-bersama-komunitas-dan-generasi-muda](https://www.menlhk.go.id/site/single_post/4628/aksi-bersih-mangrove-bali-bersama-komunitas-dan-generasi-muda)
- Kiessling, T., Gutow, L., & Thiel, M. (2015). Marine litter as habitat and dispersal vector. *Marine anthropogenic litter*, 141–181.
- Kusnanto, A. (2021, 22 agustus). 230 kilogram sampah plastik dikeluarkan dari kawasan Mangrove Wonorejo. *Suara Surabaya*. <https://www.suarasurabaya.net/kelanakota/2021/230-kilogram-sampah-plastik-dikeluarkan-dari-kawasan-mangrove-wonorejo/>
- Lamb, J. B., Willis, B. L., Fiorenza, E. A., Couch, C. S., Howard, R., Rader, D. N., True, J. D., Kelly, L. A., Ahmad, A., Jompa, J., & Harvell, C. D. (2018). Plastic waste associated with disease on coral reefs. *Science*, 359, 460–462. Doi: 10.1126/Science. Aar3320
- Lasut, M. T., Pane, L. R., Doda, D. V. D., Kumurur, V. A., Warouw, V., & Mamuaja, J. M. (2021). Seasonal variation of marine debris at Manado Bay (North Sulawesi, Indonesia). Dalam *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 744, No. 1, 012038). IOP Publishing. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/744/1/012038>
- Lebreton, L. C., Van Der Zwet, J., Damsteeg, J. W., Slat, B., Andrady, A., & Reisser, J. (2017). River plastic emissions to the world's oceans. *Nature Communications*, 8(1), 15611. <https://doi.org/10.1038/ncomms15611>
- Leslie, H. A., Van Velzen, M. J., Brandsma, S. H., Vethaak, A. D., Garcia-Vallejo, J. J., & Lamoree, M. H. (2022). Discovery and quantification of plastic particle pollution in human blood. *Environment International*, 163, 107199. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2022.107199>
- Lestari, K., Haeruddin, H., & Jati, O. E. (2021). Karakterisasi mikroplastik dari sedimen padang lamun, Pulau Panjang, Jepara,

- dengan Ft-Infra red. *Jurnal Sains & Teknologi Lingkungan*, 13(2), 135–154. <https://doi.org/10.20885/jstl.vol13.iss2.art5>
- Lu, Y., Zhang, Y., Deng, Y., Jiang, W., Zhao, Y., Geng, J., & Ren, H. (2016). Uptake and accumulation of polystyrene microplastics in zebrafish (*Danio rerio*) and toxic effects in liver. *Environmental Science & Technology*, 50(7), 4054–4060. Doi: 10.1021/acs.est.6b00183.
- Manullang, C. Y. (2020). Distribution of plastic debris pollution and its implications on mangrove vegetation. *Marine Pollution Bulletin*, 160, 111642. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2020.111642>
- Mawangi, G.T. (2023, 30 Mei). Indonesia-Seacleaners luncurkan kapal pengangkut sampah di Laut Bali. *Antara News*. <https://bali.antaranews.com/berita/311229/indonesia-seacleaners-luncurkan-kapal-pengangkut-sampah-di-laut-bali>
- Megapolitan. (2023, 11 Maret). Kegiatan bersih-bersih sampah digelar di Kepulauan Seribu. *Media Indonesia*. <https://mediaindonesia.com/megapolitan/564636/kegiatan-bersih-bersih-sampah-digelar-di-kepulauan-seribu>
- Meijer, L. J., Van Emmerik, T., Van Der Ent, R., Schmidt, C., & Lebreton, L. (2021). More than 1000 rivers account for 80% of global riverine plastic emissions into the ocean. *Science Advances*, 7(18), eaaz580. <https://doi.org/10.1126/sciadv.aaz5803>
- Muchlissin, S. I., Abi Widyananto, P., Sabdono, A., & Radjasa, O. K. (2020). Kelimpahan mikroplastik pada sedimen ekosistem terumbu di Taman Nasional Laut Karimunjawa. *Jurnal Kelautan Tropis*, 24(1), 1–6. <https://doi.org/10.14710/jkt.v24i1.9865>
- Musnadi, J., Rinawati, R., Zulfadhli, Z., & Chairiyaton, C. (2020). Penyuluhan bela lingkungan laut pada nelayan panggong di Meulaboh. *Jurnal Marine Kreatif*, 3(2). <https://doi.org/10.35308/v3i2.2288>
- Naidoo, T., & Glassom, D. (2019). Decreased growth and survival in small juvenile fish, after chronic exposure to environmentally relevant concentrations of microplastic. *Marine*

- Pollution Bulletin*, 145, 254–259. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.02.037>
- Nirahua, G., & Matitaputty, M. I. (2022). Kewenangan masyarakat adat dalam pengelolaan sumber daya alam di wilayah laut Nuhu Evav. *Bacarita Law Journal*, 2(2), 103–124.
- Nofendri, Y., & Haryanto, A. (2021). Perancangan alat pirolisis sampah plastik menjadi bahan bakar. *Jurnal Kajian Teknik Mesin*, 6(1), 1–11. <https://doi.org/10.52447/jktm.v6i1.4454>
- Oktora, R., Alwie, H. R., & Utari, S. A. (2019, Desember). Inovasi pengolahan sampah plastik menjadi bahan bakar minyak di Desa Jampang Bogor. Dalam *Prosiding Seminar Nasional Pengabdian Masyarakat LPPM UMJ*. Universitas Muhammadiyah Jakarta.
- OSPAR Commission. (2009). *Marine litter in the North-East Atlantic Region: Assessment and priorities for response*. London, United Kingdom, 127.
- Owen, H., Flint, J., & Flint, M. (2017). Impacts of marine debris and fisheries on sirenians. *Marine mammal welfare: Human induced change in the marine environment and its impacts on marine mammal welfare*, 315–331. 10.1007/978-3-319-46994-2\_18.
- Panjaitan, G. G. M., Perwira, I. Y., & Wijayanti, N. P. P. (2021). Profil kandungan dan kelimpahan mikroplastik pada ikan kakap merah (*Lutjanus sp.*) yang didaratkan di PPI Kedonganan, Bali. *Current Trends in Aquatic Science IV*, 2, 116–121. <https://ojs.unud.ac.id/index.php/CTAS/article/view/61786>
- Paulus, C. A., Soewarlan, L. C., & Ayubi, A. A. (2020). Distribution of marine debris in mangrove ecotourism area in Kupang, East Nusa Tenggara, Indonesia. *AAAL Bioflux*, 13(5), 2897–2909.
- Prasetiawan, N. R., Sudirman, N., Salim, H. L., Ati, R. N. A., Kepel, T. L., Daulat, A., Kusumaningtyas, M. A., Permana, S. M., Setiawan, A., Pranowo, W. S., Rustam, A., Suryono, D. D., Jayawiguna, M. H., & Sukoraharjo, S. S. (2022). Preliminary study of marine debris composition from fisherman activities: A case study on Cikidang fishing port, Pangandaran. Dalam *IOP Conference Series*:

- Earth and Environmental Science* (Vol. 1118, No. 1, 012082). IOP Publishing. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1118/1/012082>
- Purba, N. P., Syamsuddin, M. L., Sandro, R., Pangestu, I. F., & Prasetio, M. R. (2017). Distribution of marine debris in Biawak Island, West Java, Indonesia. *World Sci. News*, 66, 281–292.
- Ramdhani, D. S., & Rahaju, T. (2022). Pemberdayaan masyarakat pesisir (studi pada komunitas bank sampah Bintang Mangrove Kelurahan Gunung Anyar Tambak, Kecamatan Gunung Anyar, Surabaya). *Publika*, 953–968. <https://doi.org/10.26740/publika.v10n3.p953-968>
- ReefCause. (2021, 16 Mei). Plastic—a novel cause of diseases in coral reefs. *Reef Watch*. <https://conservation.reefcause.com/plastic-a-novel-cause-of-diseases-in-coral-reefs/>
- Remy, F., Collard, F., Gilbert, B., Compère, P., Eppe, G., & Lepoint, G. (2015). When microplastic is not plastic: The ingestion of artificial cellulose fibers by macrofauna living in seagrass macrophytodetritus. *Environmental Science & Technology*, 49(18), 11158–11166. Doi: 10.1021/acs.est.5b02005
- Reuters (2021, 22 Juni). *In photos: Divers remove ghost fishing nets threatening coral life in Thailand*. News 18. <https://www.news18.com/photogallery/buzz/in-photos-divers-remove-ghost-fishing-nets-threatening-coral-life-in-thailand-3876533.html>
- Riski, P. (2015, 22 April). *Bersih sampah plastik di hutan mangrove Pamurbaya tandai peringatan Hari Bumi*. Mongabay. <https://www.mongabay.co.id/2015/04/22/bersih-sampah-plastik-di-hutan-mangrove-pamurbaya-tandai-peringatan-hari-bumi/>
- Rochman, C. M., Hoh, E., Kurobe, T., & Teh, S. J. (2013). Ingested plastic transfers hazardous chemicals to fish and induces hepatic stress. *Scientific Reports*, 3(1), 1–7. Doi: 10.1038/srep03263
- Rochman, C. M., Tahir, A., Williams, S. L., Baxa, D. V., Lam, R., Miller, J. T., Teh, F. C., Werorilangi, S., & Teh, S. J., (2015). Anthropogenic debris in seafood: Plastic debris and fibers from textiles in fish and bivalves sold for human consumption. *Sci. Rep.*, 5, 14340. <https://doi.org/10.1038/srep14340>

- Sagita, A., Sianggaputra, M. D., & Pratama, C. D. (2022). Analisis dampak sampah plastik di laut terhadap aktivitas nelayan skala kecil di Jakarta. *Buletin Ilmiah Marina Sosial Ekonomi Kelautan dan Perikanan*, 8(1), 1–11. <http://ejournal-balitbang.kkp.go.id/index.php/mra/article/view/10731/7885>
- Saladié, Ò., & Bustamante, E. (2021). Abundance and composition of marine litter on the seafloor of the Gulf of Sant Jordi (Western Mediterranean Sea). *Environments*, 8(10), 106. <https://doi.org/10.3390/environments8100106>
- Samadikun, B. P., Handayani, D. S., & Laksana, M. P. (2017). Revitalisasi pengelolaan bank sampah di Palabuhanratu. *Jurnal Presipitasi: Media Komunikasi dan Pengembangan Teknik Lingkungan*, 14(2), 68–74. <https://doi.org/10.14710/presipitasi.v14i2.68-74>
- Satria, A. (2002). *Pengantar sosiologi masyarakat pesisir*. Cidesindo.
- Schirinzi, T., Madeo, G., Martella, G., Maltese, M., Picconi, B., Calabresi, P., & Pisani, A. (2016). Early synaptic dysfunction in Parkinson's disease: Insights from animal models. *Movement Disorders*, 31(6), 802–813. <https://doi.org/10.1002/mds.26620>
- Sciutteri, V., Pedà, C., Longo, F., Calogero, R., Cangemi, G., Pagano, L., Battaglia, P., Nannini, M., Romeo, T., & Consoli, P. (2023). Integrated approach for marine litter pollution assessment in the southern Tyrrhenian Sea: Information from bottom-trawl fishing and plastic ingestion in deep-sea fish. *Marine Pollution Bulletin*, 188, 114661. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2023.114661>
- Simamora, Y. L. (2020). Analisis kesesuaian ekosistem mangrove sebagai kawasan ekowisata di Pulau Kelapan Kabupaten Bangka Selatan. *Jurnal Enggano*, 5(2), 132–142. <https://doi.org/10.31186/jenggano.5.2.132-142>
- Siregar, S. H., Mubarak, M., & Zulkifli, Z. (2023). Dampak pencemaran limbah plastik terhadap ekosistem mangrove di Kelurahan Pangkalan Sesai Kota Dumai. *Journal of Rural and Urban Community Empowerment*, 4(2), 84–90. <https://doi.org/10.31258/jruce.4.2.84-90>

- Sukardi. (2021, 10 Februari). *Aksi bersih sampah kawasan konservasi mangrove*. Antara Sulteng. <https://sulteng.antaranews.com/berita/181848/aksi-bersih-sampah-kawasan-konservasi-mangrove>
- Sulistiono, S., Zulkarnaen, Z., & Nugroho, T. (2018). Edukasi pelestarian sumber daya dan lingkungan pantai pada nelayan perikanan bagan. *Jurnal Pendidikan dan Pemberdayaan Masyarakat*, 5(2), 181–192. <https://doi.org/10.21831/jppm.v5i2.20716>
- Surono, U. B., & Ismanto, I. (2016). Pengolahan sampah plastik jenis PP, PET, dan PE menjadi bahan bakar minyak dan karakteristiknya. *Jurnal Mekanika dan Sistem Termal*, 1(1), 32–37.
- Sussarellu, R., Suquet, M., Thomas, Y., Lambert, C., Fabioux, C., Pernet, M. E. J., Le Goïc, N., Quillien, V. Mingant, C., Epelboin, Y., Corporeau, C., Guyomarch, J., Robbens, J., Paul-Pont, I., Soudant, P., & Huvet, A. (2016). Oyster reproduction is affected by exposure to polystyrene microplastics. Dalam *Proceedings of the National Academy of Sciences* (Vol. 113, No.9, 2430–2435). National Academy of Sciences. <https://doi.org/10.1073/pnas.1519019113>
- Ten Brink, P., Lutchman, I., Bassi, S., Speck, S., Sheavly, S., Register, K., & Woolaway, C. (2009). *Guidelines on the use of market-based instruments to address the problem of marine litter*. Institute for European Environmental Policy (IEEP), Sheavly Consultants.
- Tuahatu, J. W., Manuputty, G. D., & Tuhumury, N. C. (2022). Peningkatan kesadaran masyarakat terhadap dampak sampah laut dan pengelolaannya melalui pengenalan konsep ecobricks di Gudang Arang, Kelurahan Benteng, Kota Ambon. *Jurnal Hirono*, 2(1), 44–54. <https://doi.org/10.55984/hirono.v2i1.84>
- Umar, C., Kartamihardja, E. S., & Aisyah, A. (2013). Dampak invasif ikan red devil (*Amphilophus Citrinellus*) terhadap keanekaragaman ikan di perairan umum daratan di Indonesia. *Jurnal Kebijakan Perikanan Indonesia*, 7(1), 55–61. <http://dx.doi.org/10.15578/jkpi.7.1.2015.55-61>
- United Nations Environment Programme. (2009). *Converting waste plastics into a resource*. United Nations Environment Programme,

Division of Technology, Industry and Economics International Environmental Technology Centre, Osaka/Shiga.

- Utami, N. K. Y., & Pramana, I. G. (2023). Sinergi antara desa adat dan pemerintah dalam memaksimalkan penegakan hukum lingkungan berbasis kearifan lokal Bali. *Jurnal Kertha Desa*, 11(4), 2130–2143.
- Virsek, M. K., Lovsin, M. N., Koren, S., Krzan, A., & Peterlin, M., (2017). Microplastics as a vector for the transport of the bacterial fish pathogen species *Aeromonas salmonicida*. *Mar. Pollut. Bull.*, 125(1–2), 301–309. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.08.024>
- Von Moos, N., Burkhardt-Holm, P., & Köhler, A. (2012). Uptake and effects of microplastics on cells and tissue of the blue mussel *Mytilus edulis* L. after an experimental exposure. *Environmental Science & Technology*, 46(20), 11327–11335. Doi: 10.1021/es302332w
- Wajdi, B., Sapiruddin, S., Novianti, B. A., & Zahara, L. (2020). Pengolahan sampah plastik menjadi bahan bakar minyak (BBM) dengan metode pirolisis sebagai energi alternatif. *Kappa Journal*, 4(1), 100–112. 10.29408/kpj.v4i1.2156
- Wardany, K., Sari, R. P., & Mariana, E. (2020). Sosialisasi pendirian “bank sampah” bagi peningkatan pendapatan dan pemberdayaan perempuan di Margasari. *Dinamisia: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 4(2), 364–372. <https://doi.org/10.31849/dinamisia.v4i2.4348>
- Wick, P., Malek, A., Manser, P., Meili, D., Maeder-Althaus, X., Diener, L., Diener, P. A., Zisch, A., Krug, H. F., & Von Mandach, U. (2010). Barrier capacity of human placenta for nanosized materials. *Environ. Health Perspect.*, 118(3), 432–436. <https://doi.org/10.1289/ehp.0901200>
- Widyastini, T., & Dharmawan, A. H. (2013). Efektivitas awig-awig dalam pengaturan kehidupan masyarakat nelayan di Pantai Kedonganan Bali. *Sodality: Jurnal Sosiologi Pedesaan*, 1(1), 37–51. <https://doi.org/10.22500/sodality.v1i1.9389>



- Wisha, U. J., Gemilang, W. A., Wijaya, Y. J., & Purwanto, A. D. (2022). Model-based estimation of plastic debris accumulation in Banten Bay, Indonesia, using particle tracking-flow model hydrodynamics approach. *Ocean & Coastal Management*, 217, 106009. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2021.106009>
- Wismabrata, M. H. (2018, 22 November). 5 fakta kematian paus di Wakatobi, 5,9 kg sampah plastik di perut hingga ancaman ekosistem laut. *Kompas*. <https://regional.kompas.com/read/2018/11/22/15452011/5-fakta-kematian-paus-di-wakatobi-59-kg-sampah-plastik-di-perut-hingga?page=all>
- Woodall, L. C., Sanchez-Vidal, A., Canals, M., Paterson, G. L., Coppock, R., Sleight, V., Calafat, A., Rogers, A. D., Narayanaswamy, B. E., & Thompson, R. C. (2014). The deep sea is a major sink for microplastic debris. *Royal Society Open Science*, 1(4), 140317. <https://doi.org/10.1098/rsos.140317>
- Wright, S. L., & Kelly, F. J. (2017). Plastic and human health: A micro issue? *Environmental science & technology*, 51(12), 6634–6647. <https://doi.org/10.1021/acs.est.7b00423>
- Yani, A. (2021). Pengolahan limbah plastik menjadi bahan bakar minyak untuk mengatasi sampah plastik di Kota Bontang. *JST (Jurnal Sains Terapan)*, 7(2), 36–41. <https://doi.org/10.32487/jst.v7i2.1165>
- Yenici, E., & Turkoglu, M. (2023). Abundance and composition of marine litter on the coasts of the Dardanelles (Canakkale Strait, Turkey). *Environmental Monitoring and Assessment*, 195(1), 4. <https://doi.org/10.1007/s10661-022-10511-z>
- Yudhantari, C. I., Hendrawan, I. G., & Puspitha, N. L. P. R. (2019). Kandungan mikroplastik pada saluran pencernaan ikan lemuru protolan (*Sardinella lemuru*) hasil tangkapan di Selat Bali. *Journal of Marine Research and Technology*, 2(2), 48–52. <https://doi.org/10.24843/JMRT.2019.v02.i02.p10>
- Yunanto, A., Fitriah, N., & Widagti, N. (2021). Karakteristik mikroplastik pada ekosistem pesisir di kawasan mangrove Perancak, Bali. *JFMR*

*(Journal of Fisheries and Marine Research)*, 5(2), 436–444. <https://doi.org/10.21776/ub.jfmr.2021.005.02.31>

Zalukhu, A., Manoppo, V. E., & Andaki, J. A. (2017). Analisis konflik nelayan dalam pemanfaatan sumber daya perikanan di Desa Borgo Kecamatan Tombariri Kabupaten Minahasa. *AKULTURASI: Jurnal Ilmiah Agrobisnis Perikanan*, 5(9). <https://doi.org/10.35800/akulturasi.5.9.2017.17007>